

# 联系方式

- 艾 欣
- 办公地点：教五楼C416
- 电话：(010)51971495 13501121641
- Email: [aixin@ncepu.edu.cn](mailto:aixin@ncepu.edu.cn)

# 电力系统分析基础

- 电力系统稳态分析（第三版）
  - 1~6章
- 电力系统暂态分析（第三版）
  - 第1章
  - 第3章
  - 第4章
  - 第5章



# 校内信息服务系统

华北电力大学



新学期工作  
祝全校师生  
学习愉快

新学期工作  
祝全校师生  
学习愉快

## 本科教学评估网

http://pjb.ncepu.edu.cn

首页 | 新闻中心 | 大学0A | 校长信箱 | 图书文献

个人邮箱

用户名  @  
ncepu.edu.cn

密码

提交 注册

个人信息

用户名

密码

提交 重置



### 公共信息

- 工作安排
- 机构设置
- 办公电话
- 邮政邮件

### 通知公告

NOTICE & ANNOUNCEMENT

MORE

- 关于公费医疗报销的相关通知 2007-08-27
- 关于召开“加强高校管理，进一步治理商业贿赂”... 2007-08-27
- 关于延期执行《关于对学校周转房实施市场化改革... 2007-08-27
- 关于报送本学期重点工作计划的通知 2007-08-26
- 关于新学期开展学风专项督查的通知 2007-08-26
- 转发《教育部办公厅关于组织实施全国教育科学研... 2007-08-25
- 转发《关于第十届“茅以升北京青年科技奖”推荐... 2007-08-25
- 关于06-07学年第二学期研究生课程成绩登录... 2007-08-25
- 关于教3楼和图书馆及部分学生公寓电话因更换电... 2007-08-24
- 关于可再生能源学院办公室秘书、学生思想政治辅... 2007-08-24

### 文件发布

Release the file

MORE

- 关于贾江华同志赴埃及苏伊士运河大学担任孔子学... 2007-08-26
- 关于成立可再生能源学院党总支的通知 2007-08-25
- 关于杨勇平等同志任免职的通知 2007-08-25
- 关于纪昌明 张利同志任免职的通知 2007-08-25
- 关于印发《华北电力大学硕士研究生培养工作的若... 2007-07-14
- 关于对学校周转房实施市场化改革的决定 2007-07-13
- 华北电力大学第三届学位评定委员会第二次会议纪... 2007-07-13

### 教学天地

TEACHING WORLD

- 研究生
- 本科生
- 成人教育
- 留学生国际教育
- 网上教学平台
- 资源中心
- 精品课程
- 电子课堂
- IT网络教室

### 校园文化

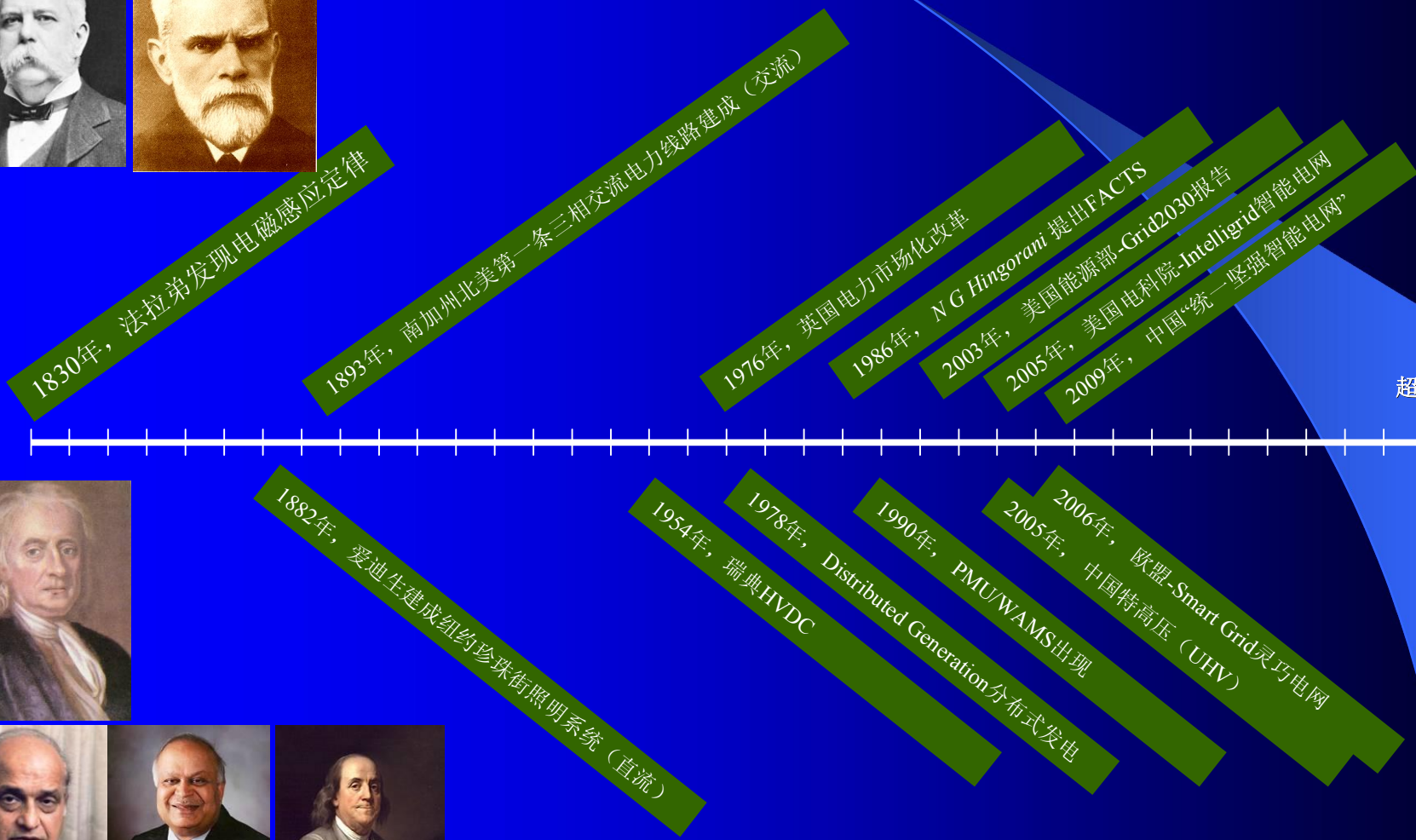
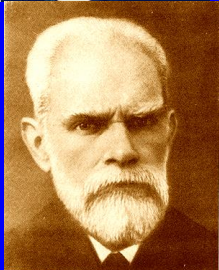
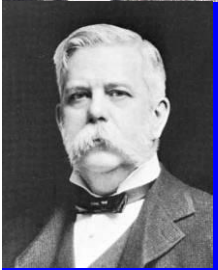
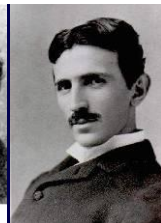
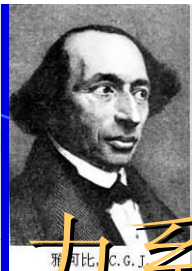
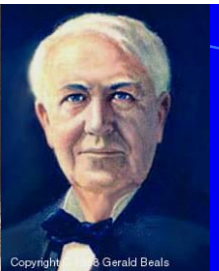
CAMPUS CULTURE

#### 教工之家

- 首页
- 教工个人主页

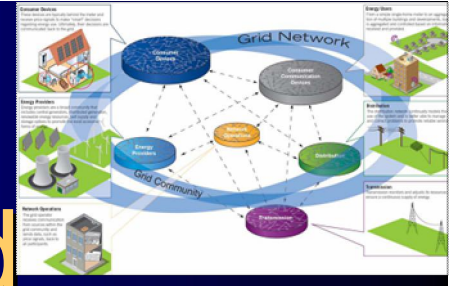


# 电力系统的发展



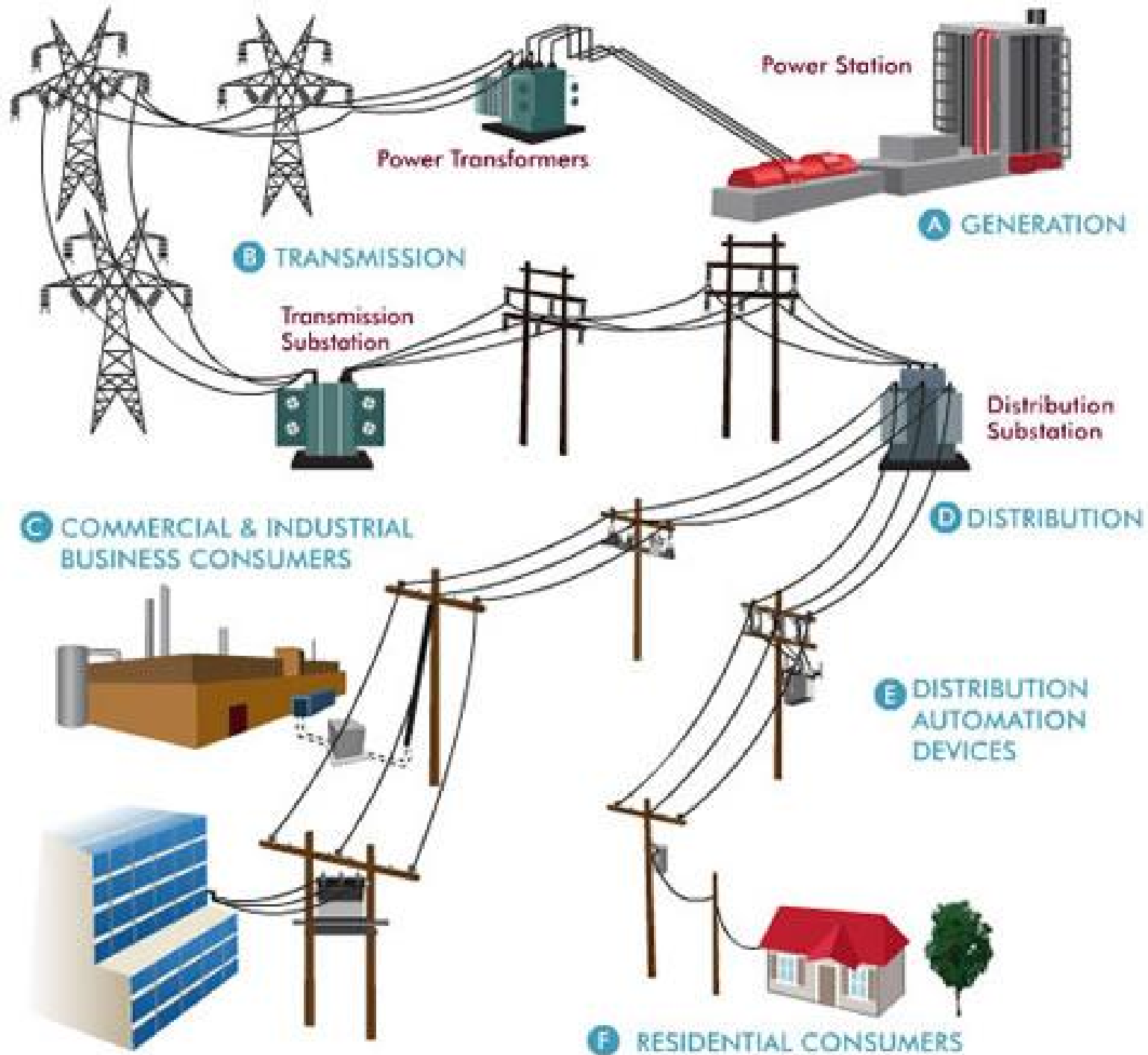
# 闪电

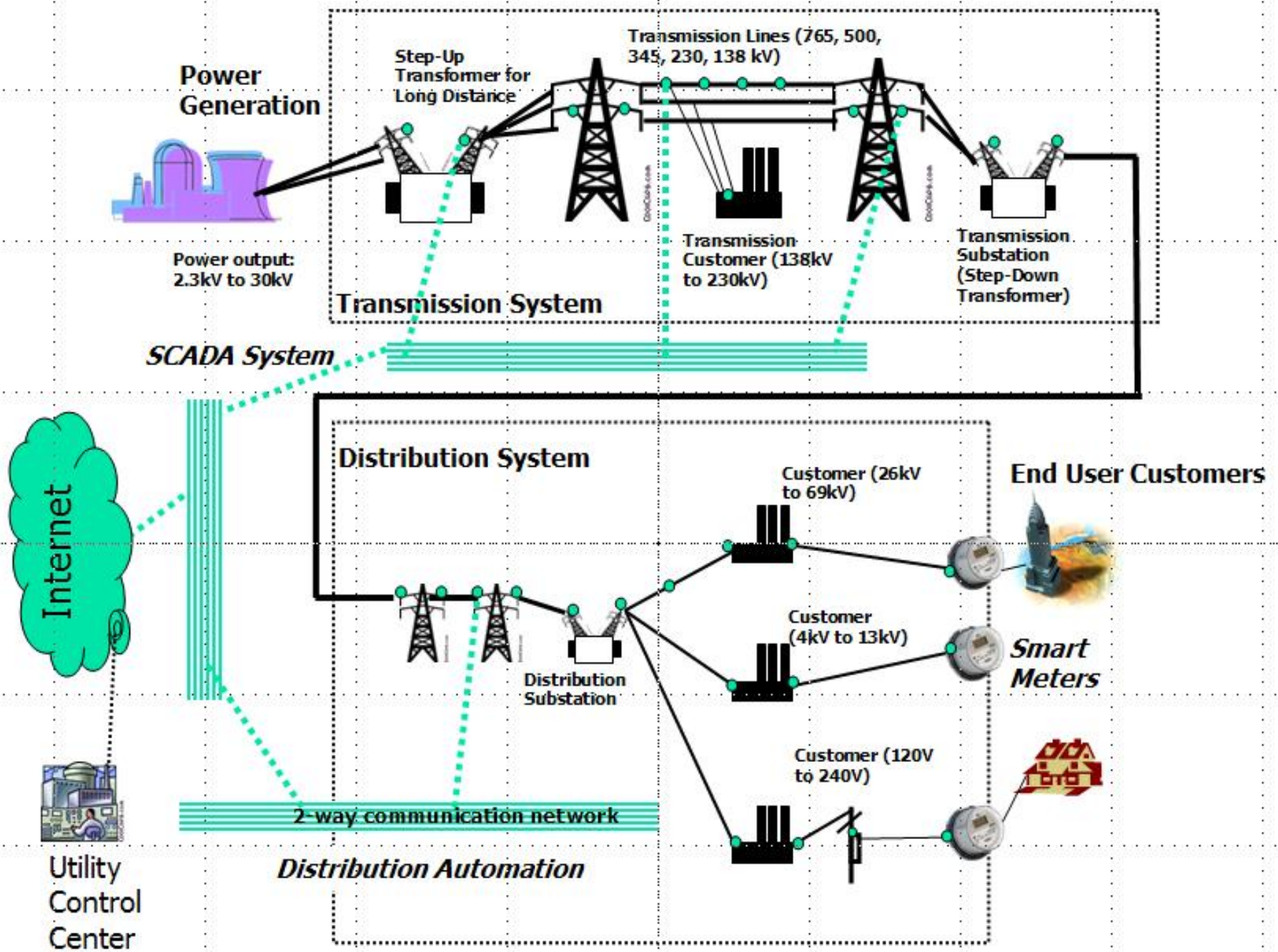




# 智能电网 Smart Grid

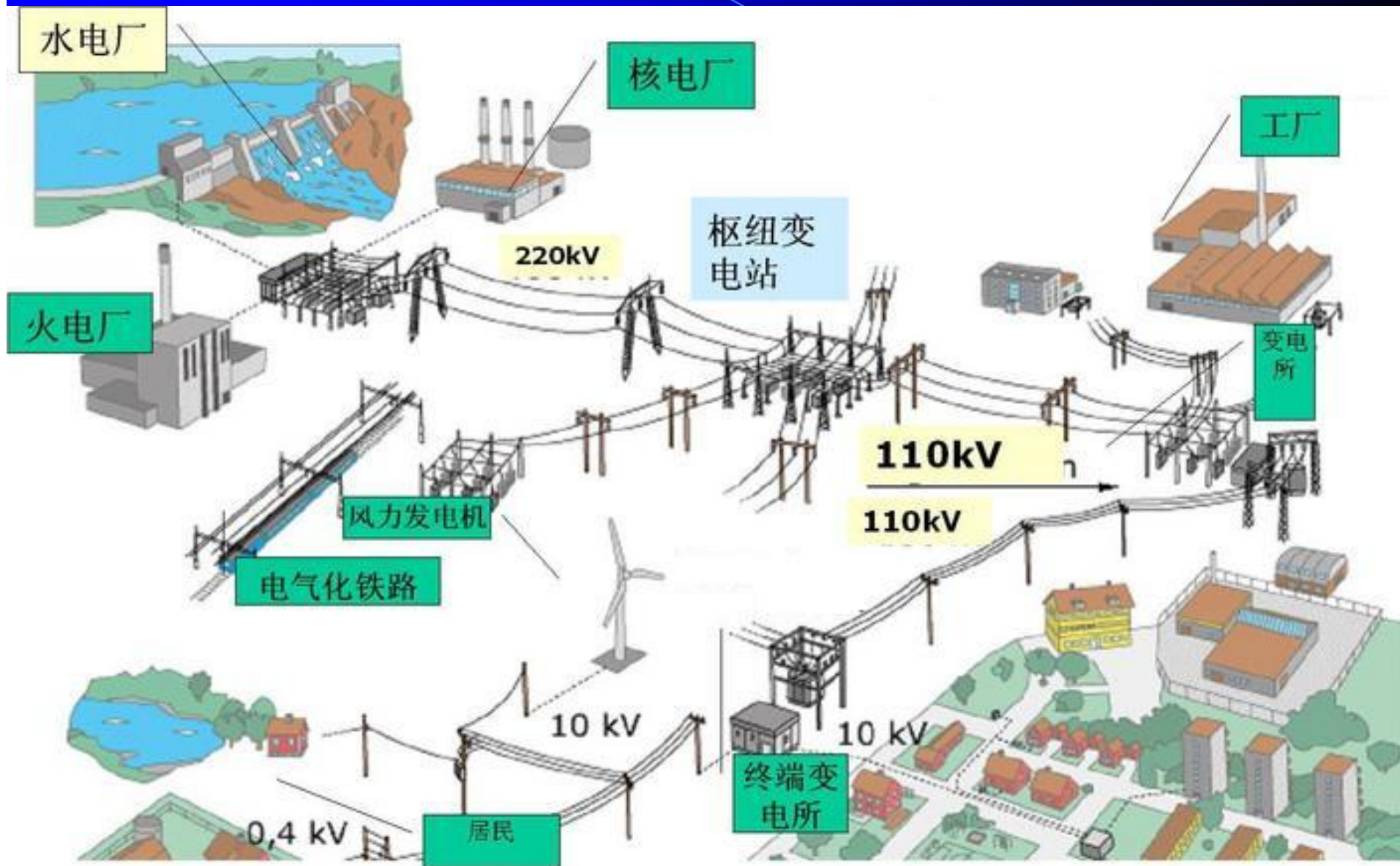
- 国家电网公司提出“坚强智能电网”的概念，其定义是：以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网为基础，利用先进的通信、信息和控制技术，构建以信息化、自动化、数字化、互动化为特征的统一的坚强智能化电网。
- “清洁、安全、自愈、经济、互动”







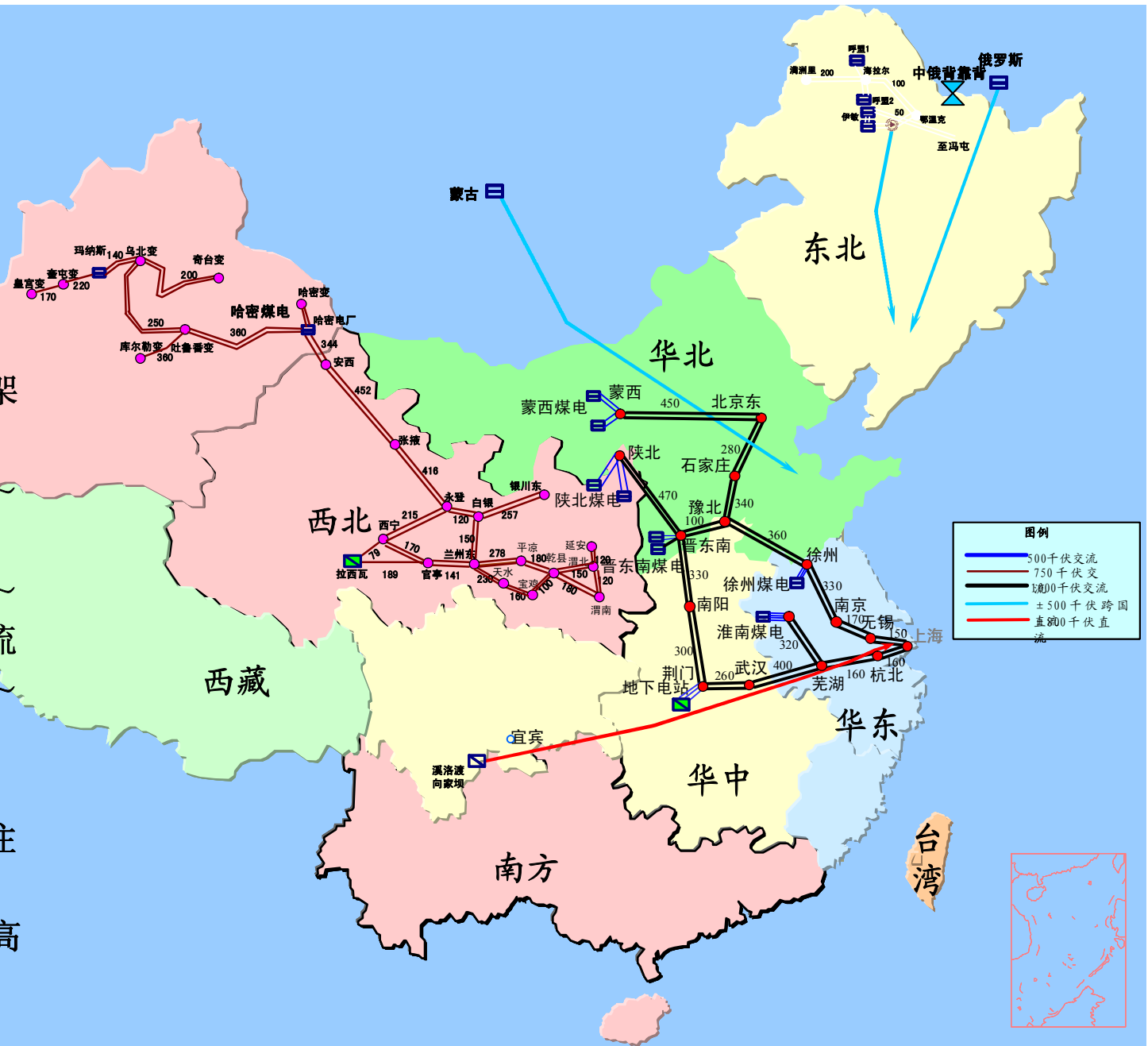
# 电力系统的构成



# 我国各电网位置示意图



**2012年交流特高压网架**  
 将初具规模，建成晋东南~南阳~荆门~武汉~  
 芜湖~杭北~上海~无锡~南京~徐州~豫北~  
 晋东南双回路特高压交流线路，形成华北~华中~  
 华东特高压交流环网结构。晋东南、陕北、蒙  
 西、淮南煤电基地电力注入交流特高压环网。  
 建成向家坝~上海特高压直流工程。





# 电力系统的概念

- 电力系统：由发电机、变压器、输电线路和用电设备组成的生产、输送、分配和消费电能的统一的整体。大量的电能的生产 and 传输系统。
- 电力网：由变压器和输电线路组成的传输和分配电能的系统。
- 动力系统：包括锅炉、汽轮机和电力系统。

# 电力系统的构成

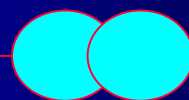
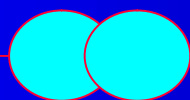
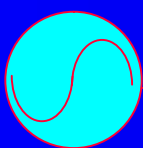


发电机

变压器

输电线

负荷



生产电能

传输和分配电能

消耗电能



输电系统（电网）

# 传统电能生产形式

- 火力发电：包括热电厂，以煤、石油、天然气等为燃料；
- 水电厂：坝式、梯级、径流式等；
- 核电厂：核聚变、核裂变。



# 火电厂能量转换过程

- 化学能 → 热能 → 机械能 → 电能 → 其它能源形式

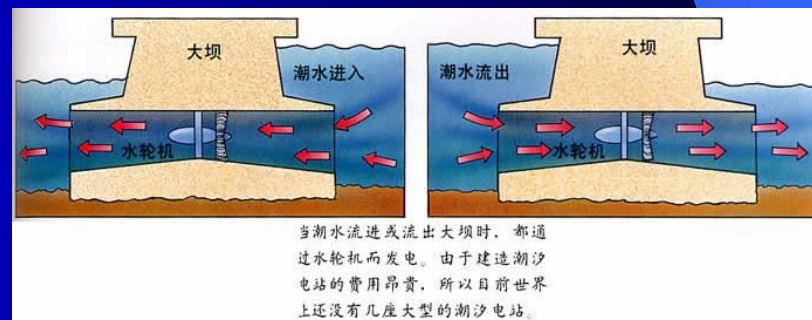


# 发电厂基本部件

- 锅炉：化学能转化成热能
- 汽轮机：热能转化成机械能
- 发电机：机械能转化成电能
- 升压站：电能传输的起点

# 新能源（绿色电力）

- 风力发电
- 太阳能发电
- 地热发电
- 潮汐发电
- 燃料电池



# 风力发电



# 西藏地热电厂



cnsphoto

# 新疆达坂城风力发电



# 丹麦海上风电



# 英国海上风电



# 风力发电机

- 2.75 MW DFIG
- Access to system
- Equipped with sensing equipment
- 6 km from Campus





1993年在西藏羊八井地区2000米深度  
钻探到329.8℃的  
地热流体



# 电力系统的电压等级

输电网

配电网

1000kV (DC±800kV) 特高压

750kV

500kV

330kV

220kV

154kV

110kV

60kV

31.5kV

20kV

10kV

6kV

3kV

380V (220V)

特高压

超高压

高压

低压

# 发电机

- 三相同步发电机
- 输出电压10.5kV、20kV等
- 容量200MW、300MW、600MW。。。
- 标准煤耗300~500g/kWh



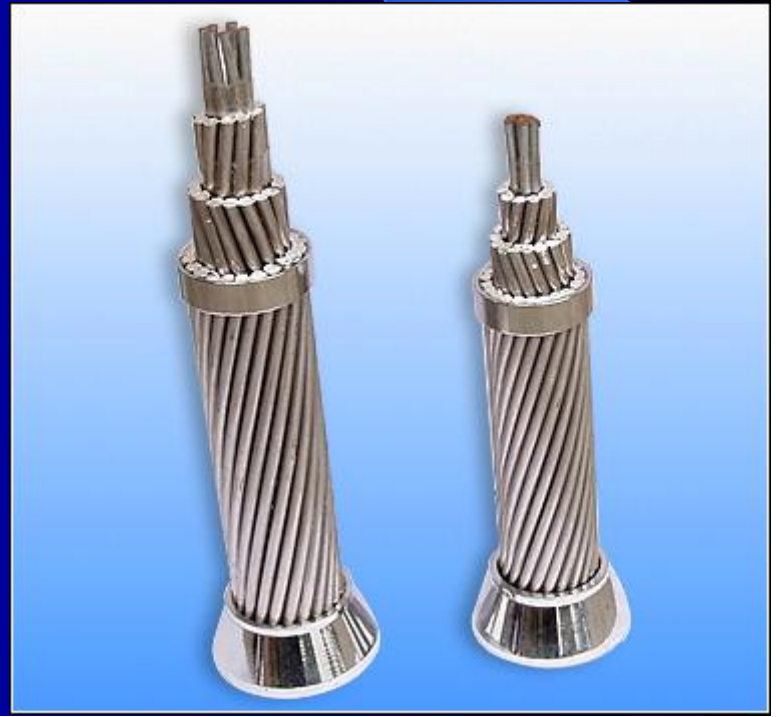
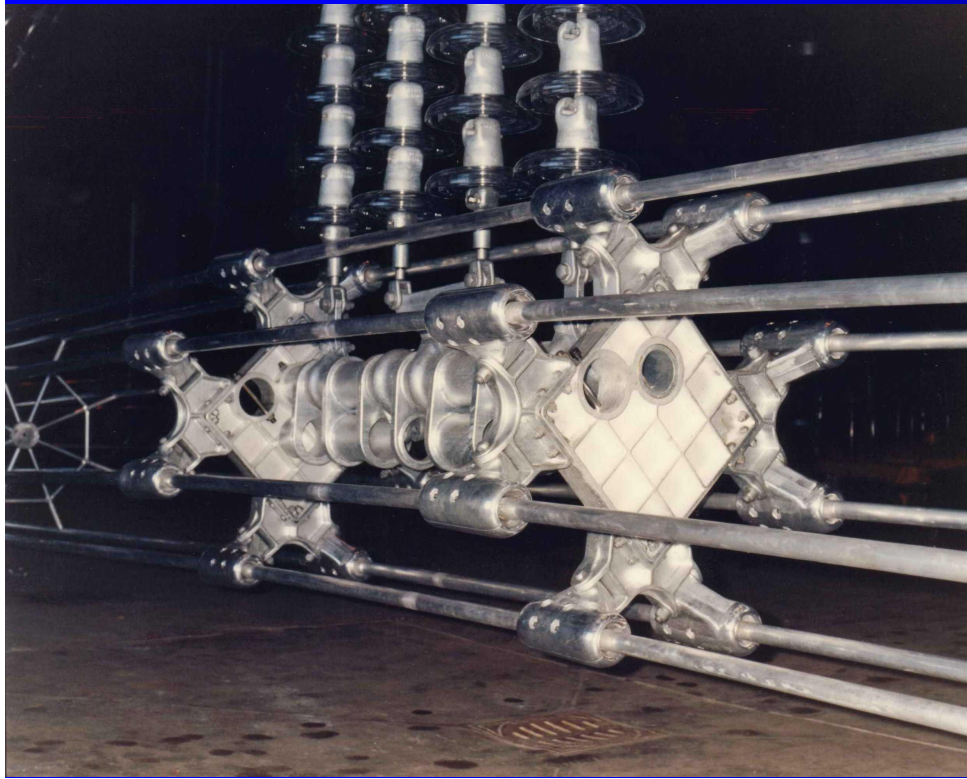
# 变压器

- 采用电磁感应原理
- 升高或降低电压
- 降低传输电能损耗
- $P=UI\cos\phi$
- $\Delta P=I^2 R$



# 输电线路

- 钢芯铝绞线



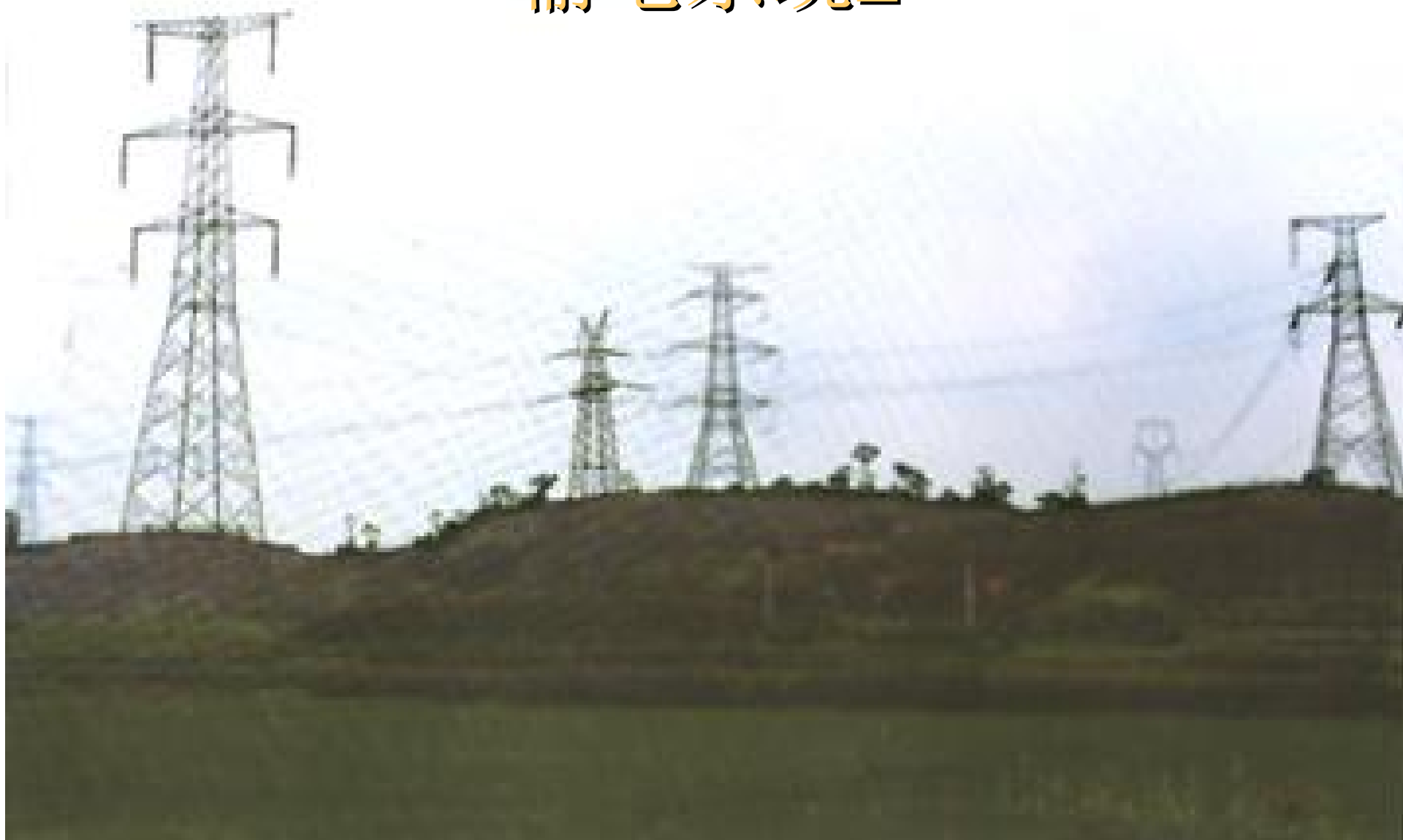
# 电厂升压站



# 输电系统1



# 输电系统2





# 输电系统3



# 输电系统4



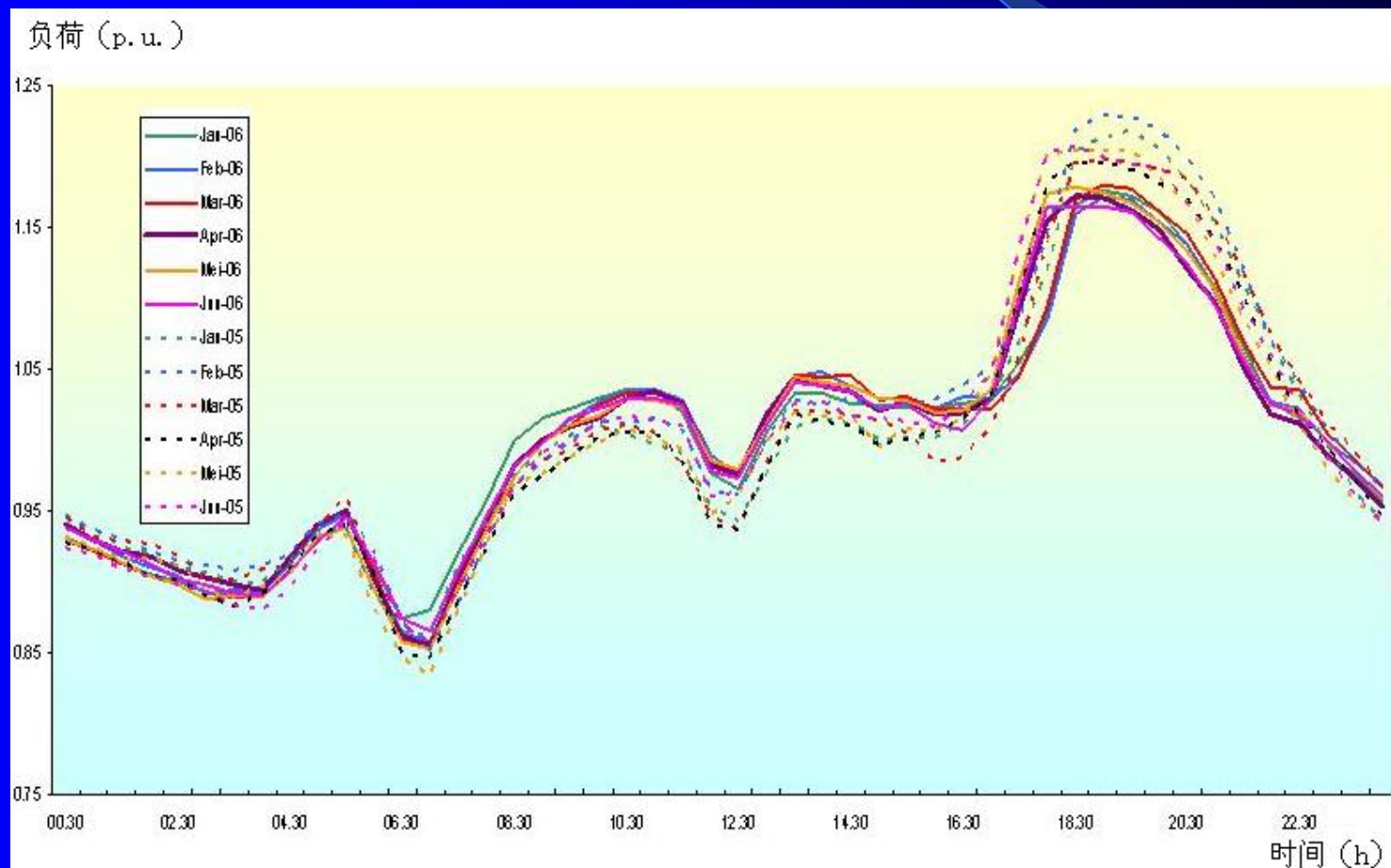
# 输电系统5



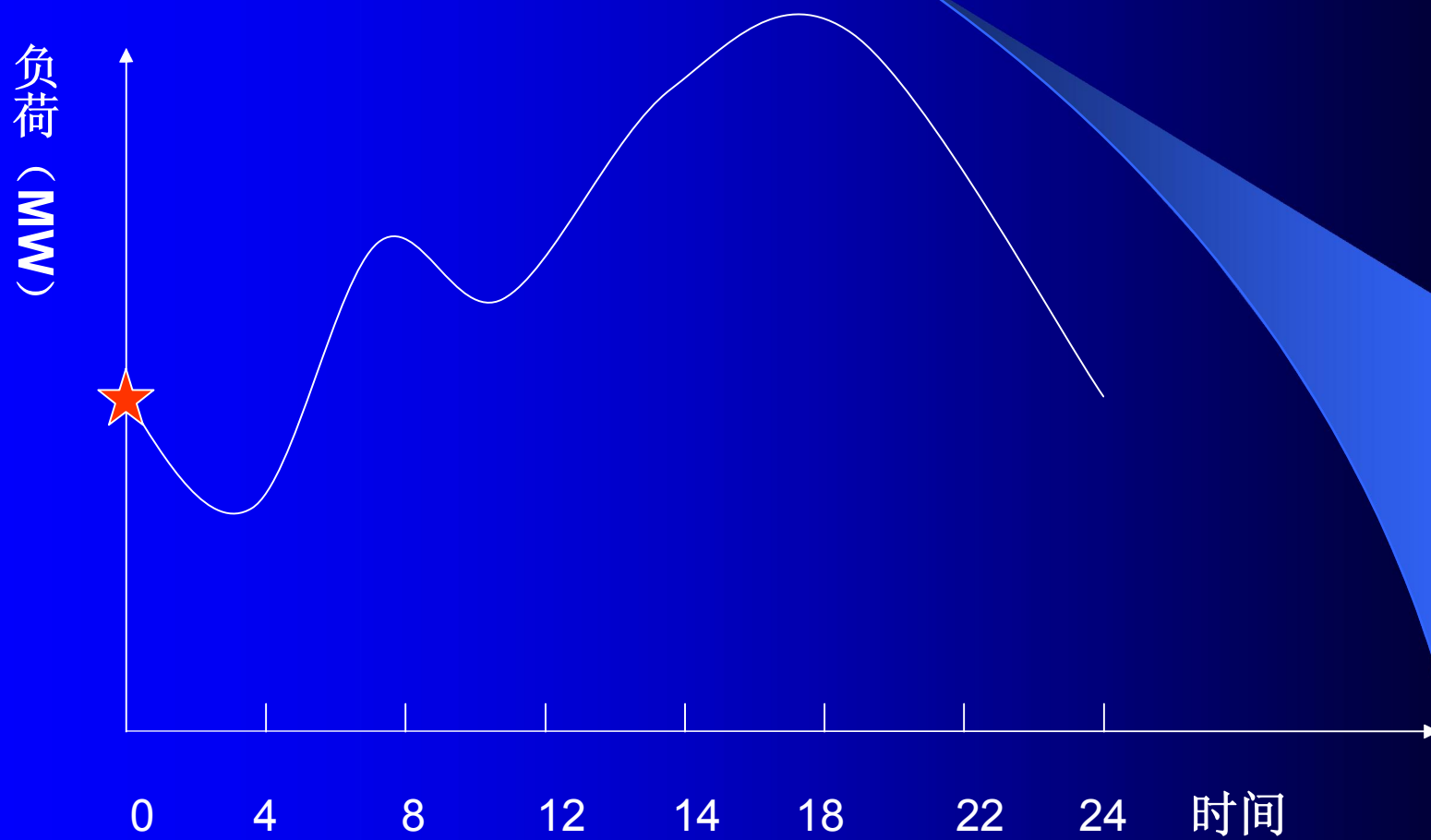
# 用电设备（负荷）

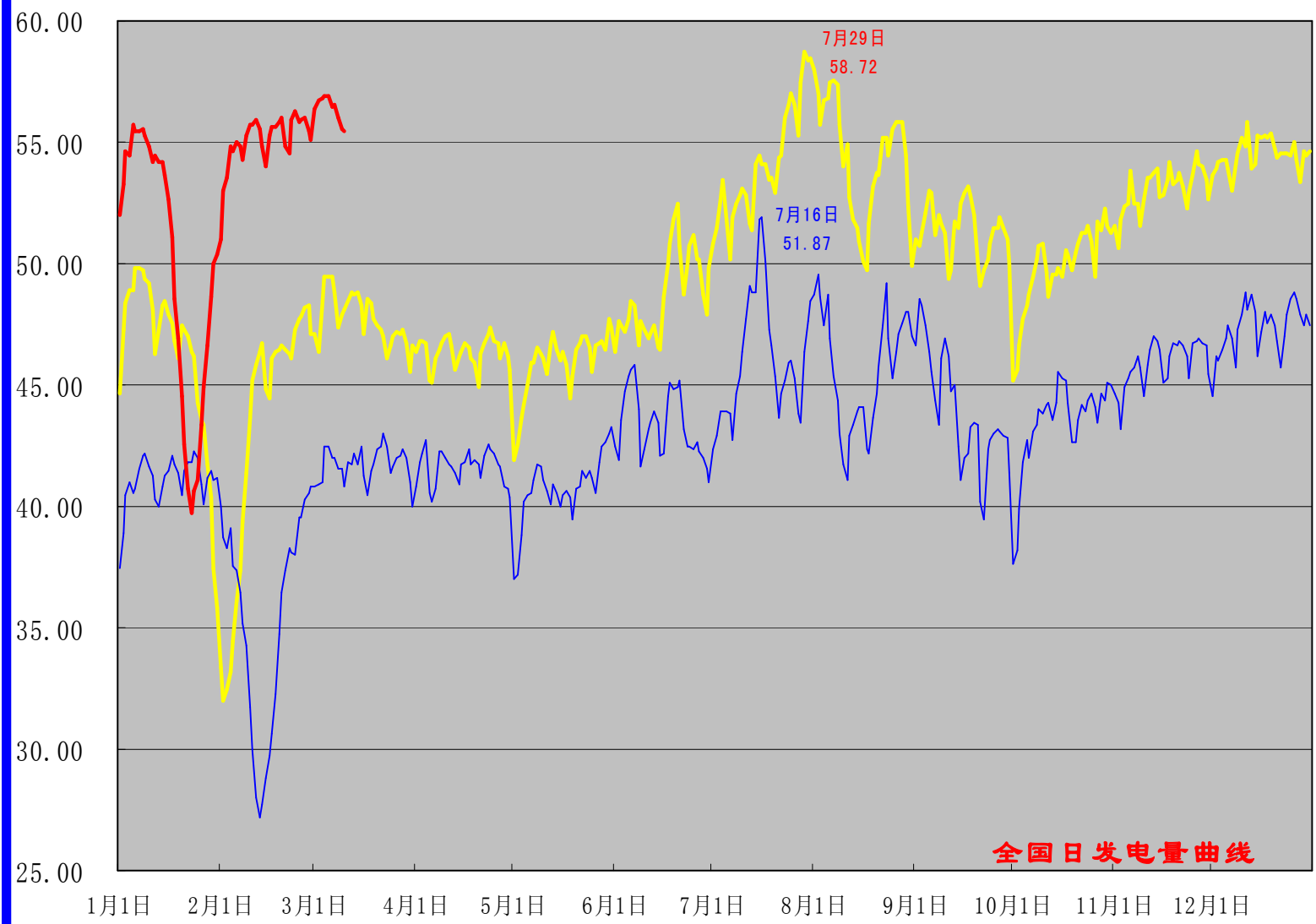
- 异步感应电动机
- 电弧炉
- 照明设备
- 各种电器
- ○ ○ ○ ○ ○ ○

# 实际日负荷曲线



# 日负荷曲线





- 全国2003
- 全国2002
- 全国2004

# 发电厂

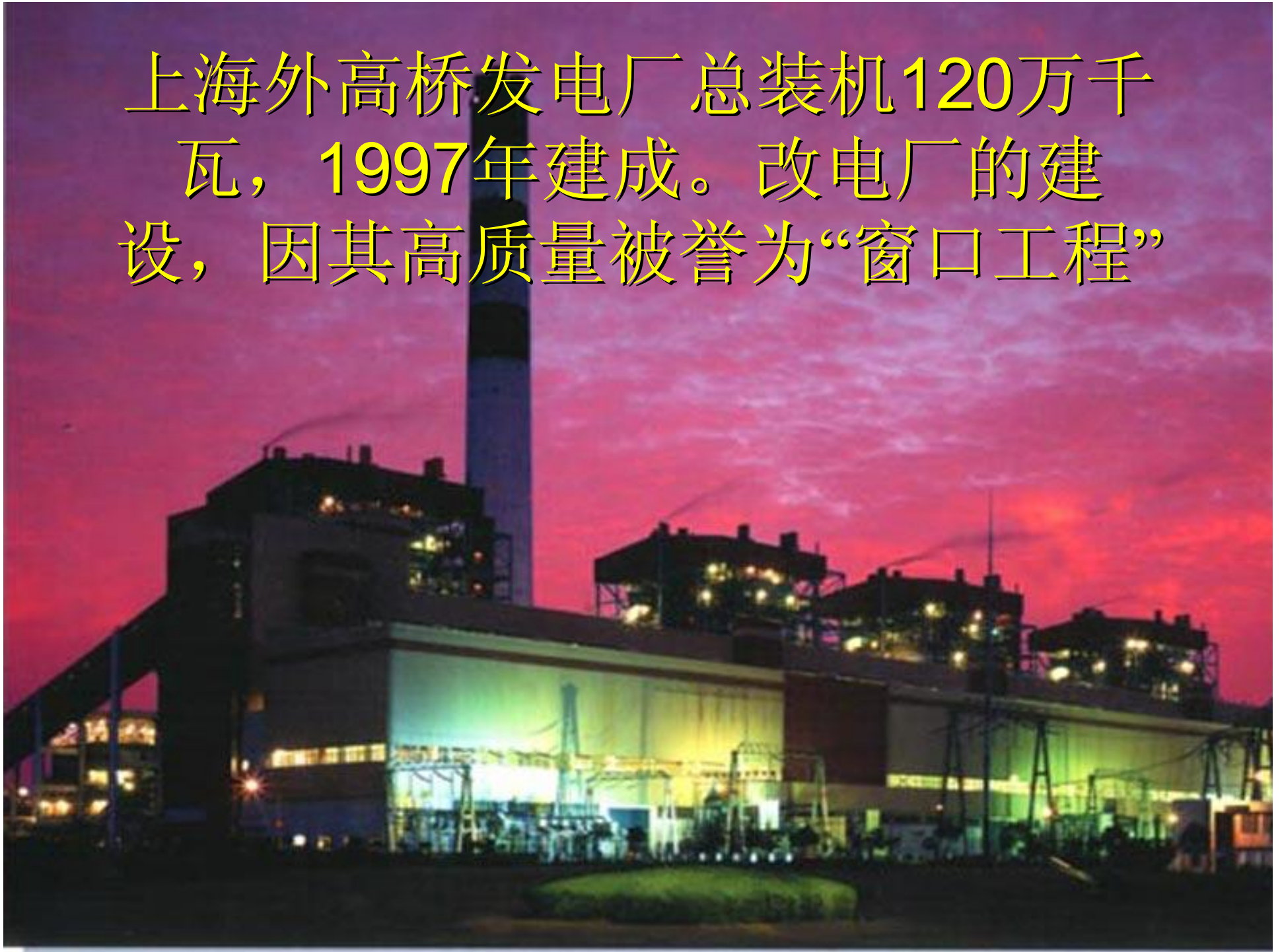
- 火电厂、热电厂：锅炉，汽轮机，发电机
- 水电厂：水库，水轮机，发电机
- 核电厂：核反应堆，汽轮机，发电机
  
- 升压站



# 1985开工建设的双鸭山发电厂 装机40万千瓦



上海外高桥发电厂总装机120万千瓦，1997年建成。改电厂的建设，因其高质量被誉为“窗口工程”

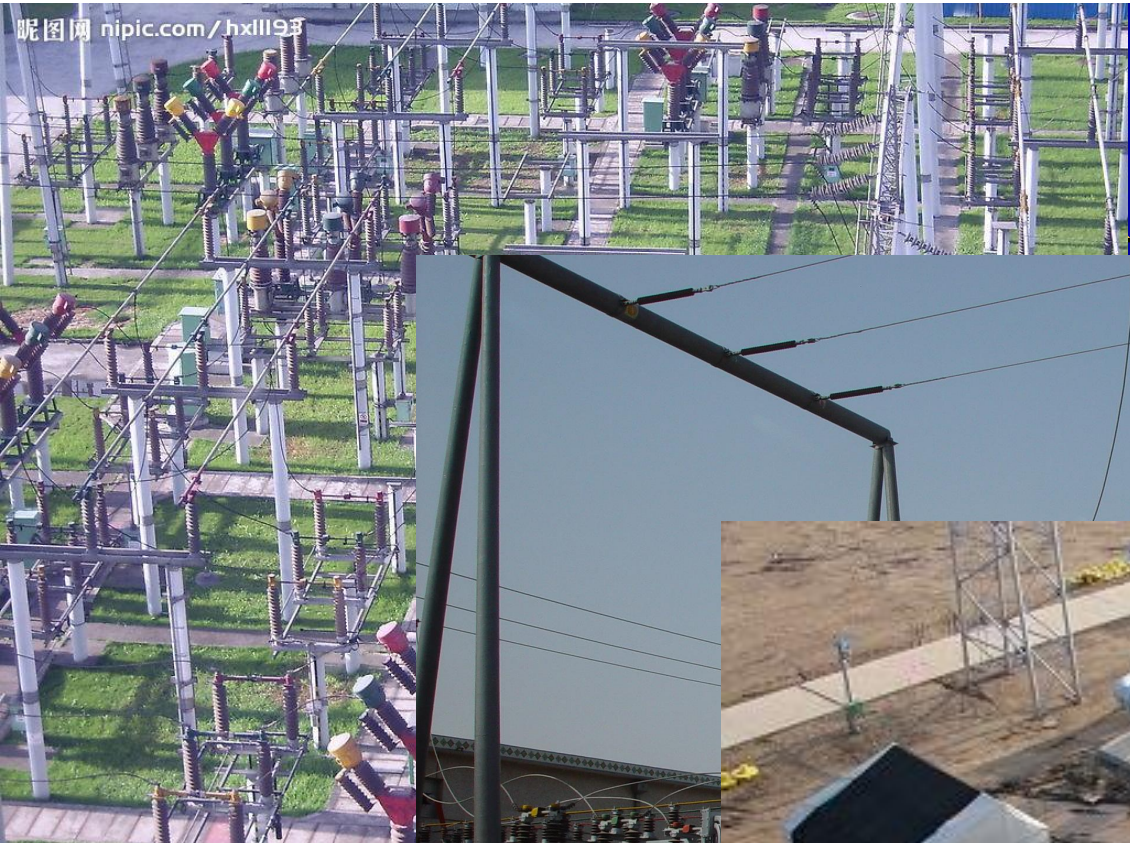


河北省西柏坡发电厂规划装机240万千瓦，先装机120万千瓦。首台30万千瓦机组与1991年12月10日开工，1993年2月26日移交生产，仅用了24个月，投产后一直稳发满发。原电力部和河北省称赞这台机组为“状元工程”



# 东江水电站（500MW）





# 各级电力系统运行管理部门

- 国家电网公司、国调中心：负责电网运行、调度和管理
- 区域电网公司（东北电网公司、华北电网公司等）：负责区域电网运行调度和管理
- 省电力公司：省内电网运行管理
- 市级电力公司、地调（如北京电力公司等）：负责市区供电
- 县调：

# 电力系统的划分

- 一次系统：电能的传输
- 二次系统：信号传递、控制等

# 一次系统的设备

- 发电机、变压器、输电线路、母线等
- 断路器
- 隔离开关
- 避雷器
- 电抗器
- 电容器
- 消弧线圈
- 电压互感器
- 电流互感器
- 调相机
- FACTS设备
- 整流设备
- ○ ○ ○ ○ ○ ○



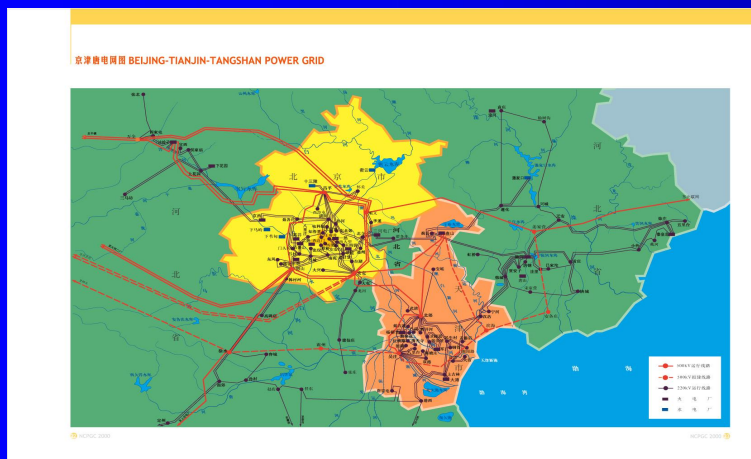
# 二次设备

- 各种自动装置
- 测量装置
- 继电保护
- 通信设备
- 监测设备
- ○ ○ ○ ○ ○ ○

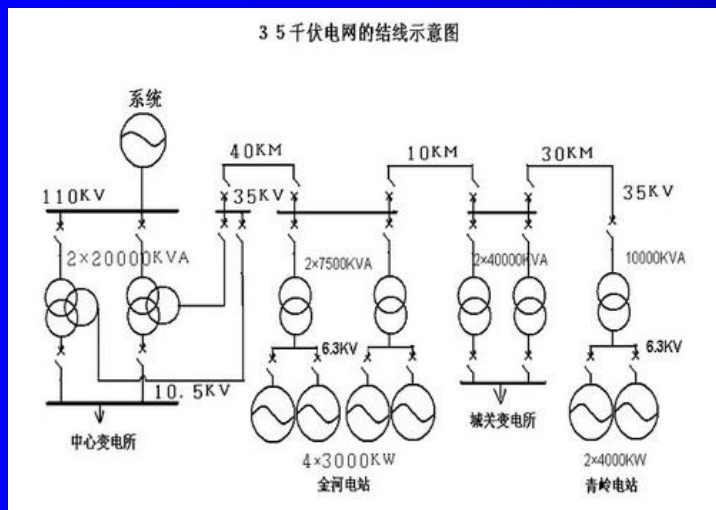
# 中性点运行方式

- 直接接地
- 不接地

# 电力系统结线图



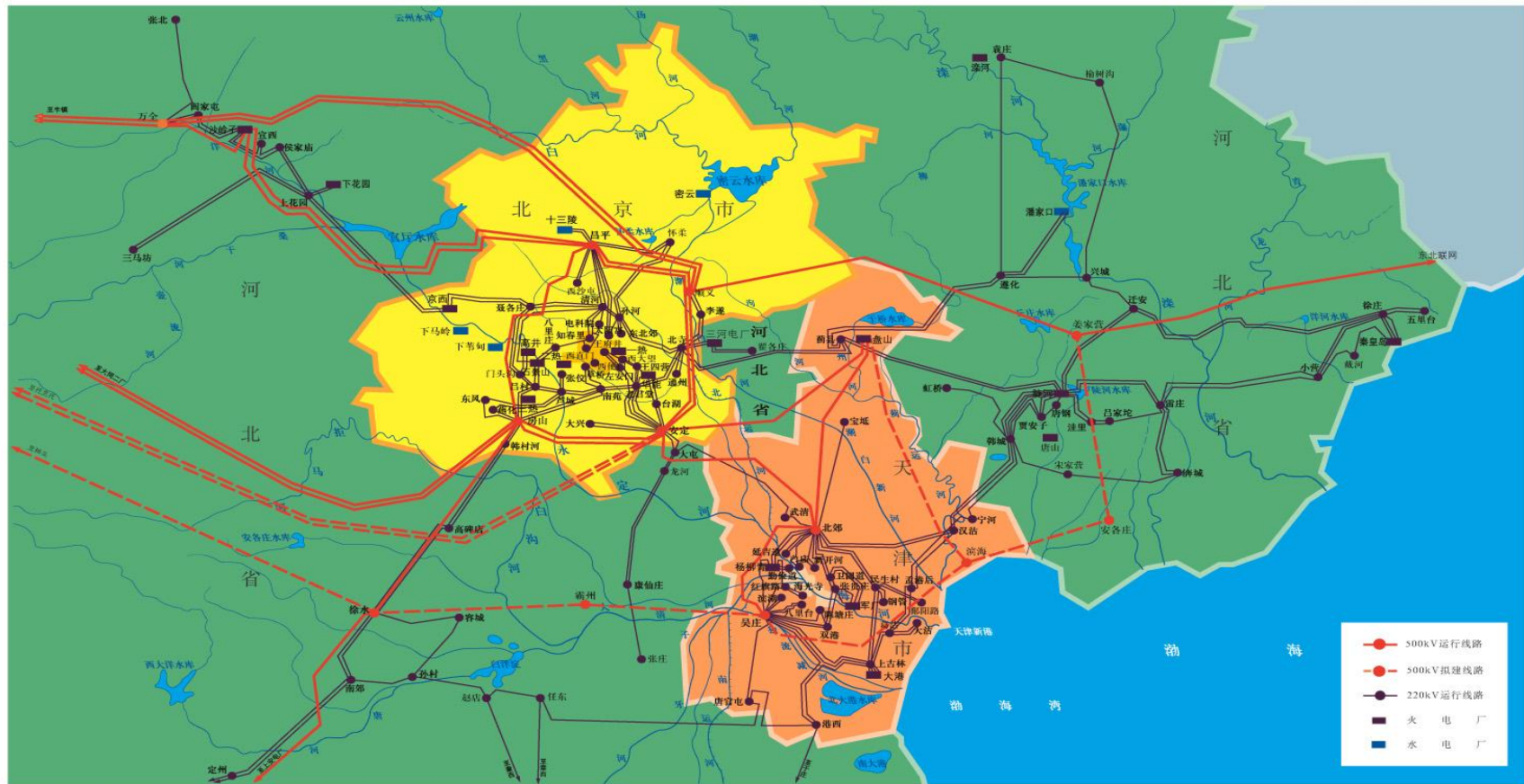
## 地理结线图



## 电气结线图

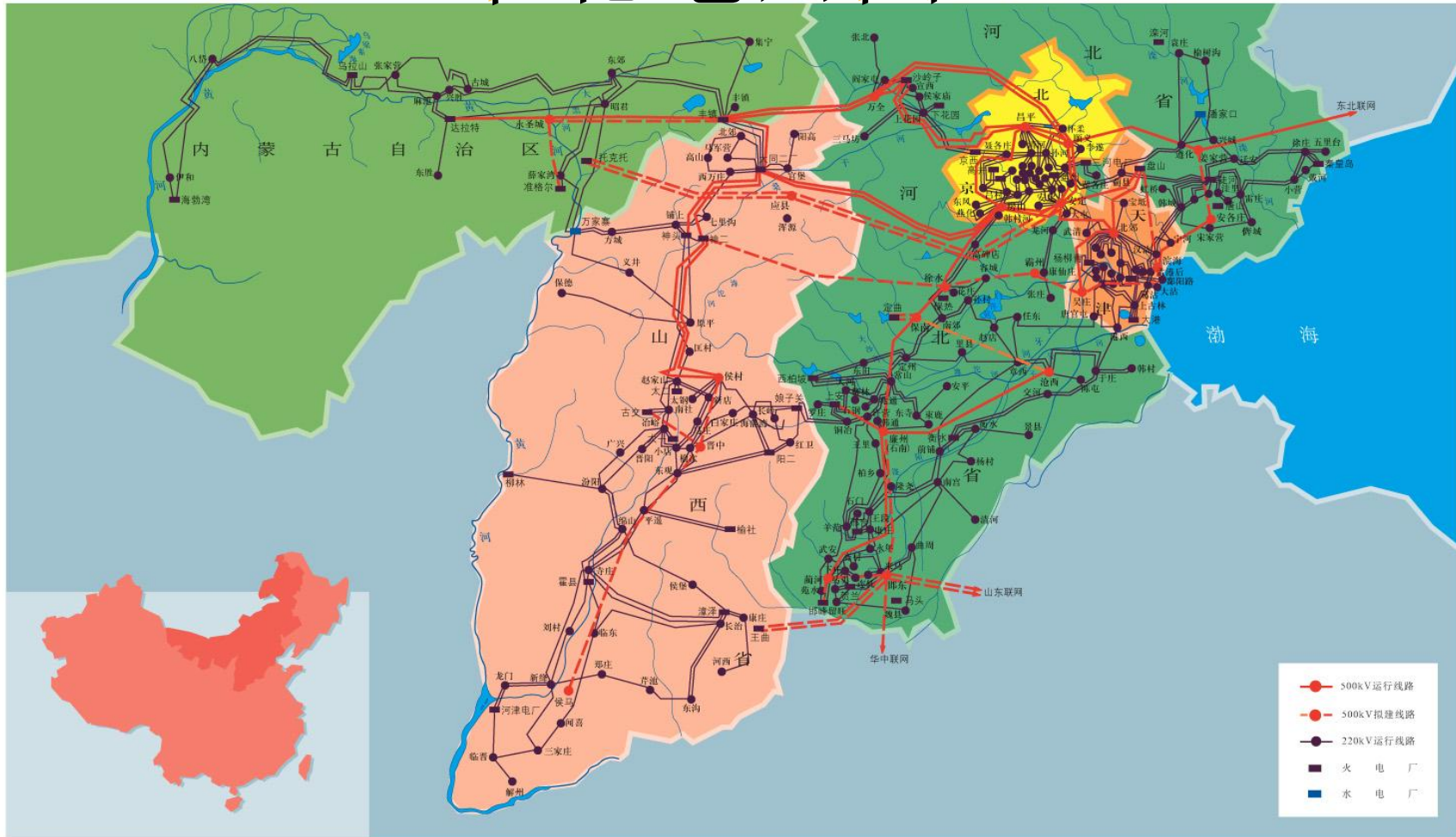
# 京津唐电网图

京津唐电网图 BEIJING-TIANJIN-TANGSHAN LOWER GRID



华北电网图 NORTH CHINA POWER GRID

# 华北电网图



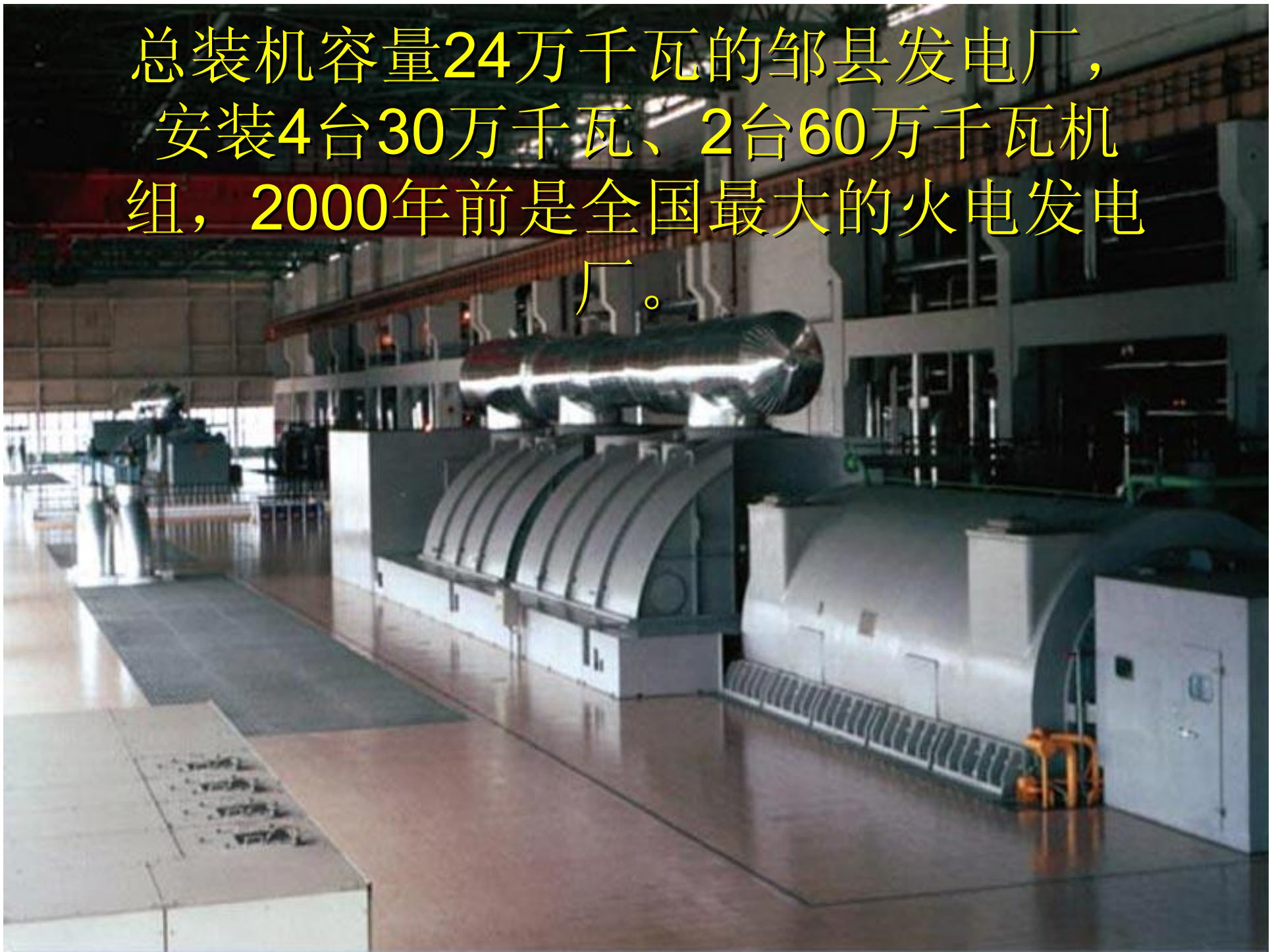
# 电力系统的网络结构

- 辐射型（开式网）
- 环型（闭式网）
  
- 有备用接线方式
- 无备用接线方式

# 地区调度中心



总装机容量**24万千瓦**的邹县发电厂，  
安装**4台30万千瓦**、**2台60万千瓦**机  
组，**2000年前**是全国最大的火电发电  
厂。





# 电力系统生产和运行的特点

- 电能不能大量贮存，任何时刻系统都要保持供需平衡；
- 过渡过程非常迅速；
- 对电能质量要求很高
- 运行的电力系统是一个整体。

# 电力系统发生故障的原因

- 自然因素：天气
- 设备因素：老化、质量问题
- 人为因素：违法操作规程、业务不熟练、故意破坏

# 对电力系统生产的基本要求

● **安全**：任何时候保证I、II和III级用户。

● **优质**：合格电能。

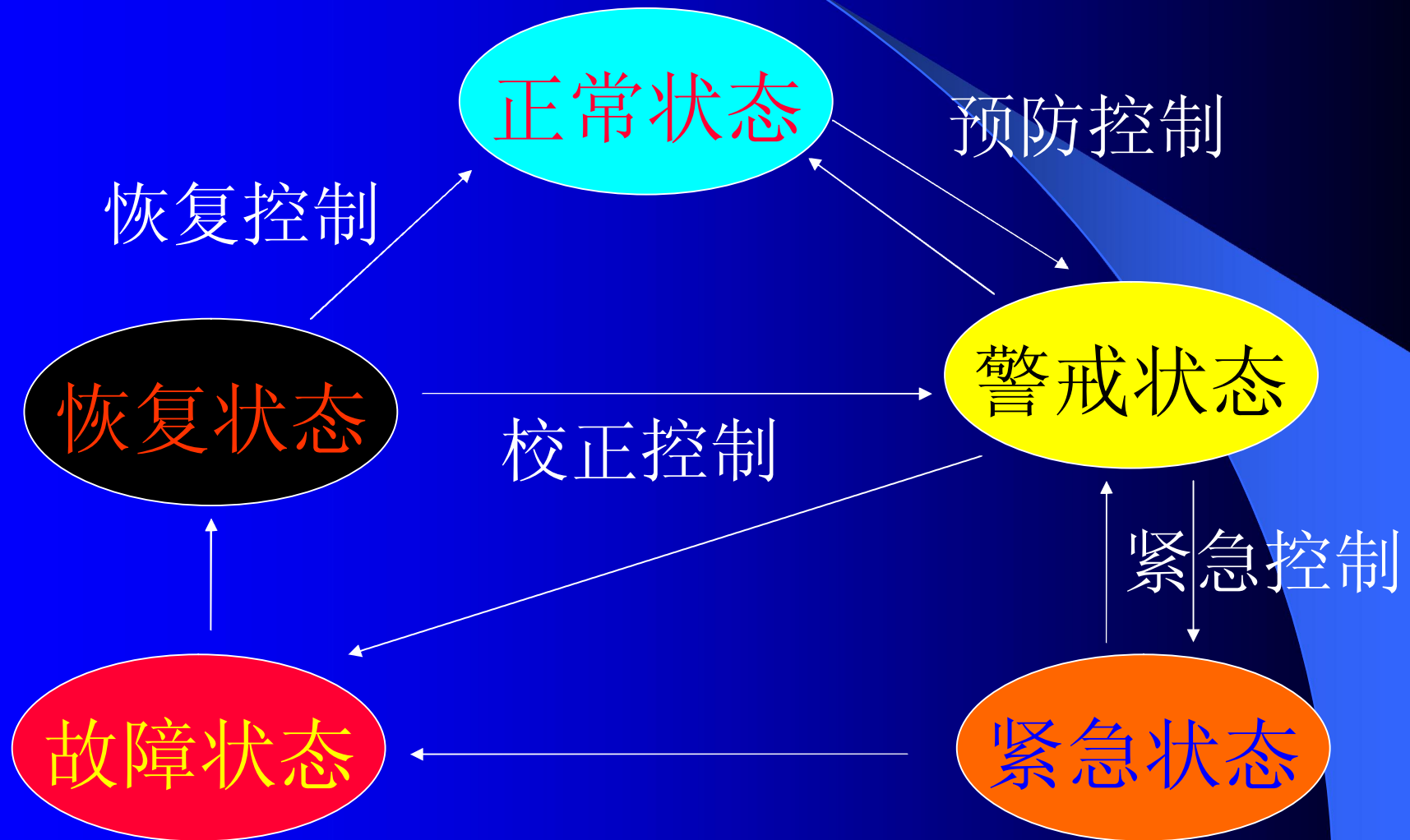
● **经济**：比耗量和网损。

● 节能

● 环保

- 电压偏差
- 频率偏差
- 谐波含量
- 电压波动与闪变
- 三相不平衡

# 电力系统的运行状态

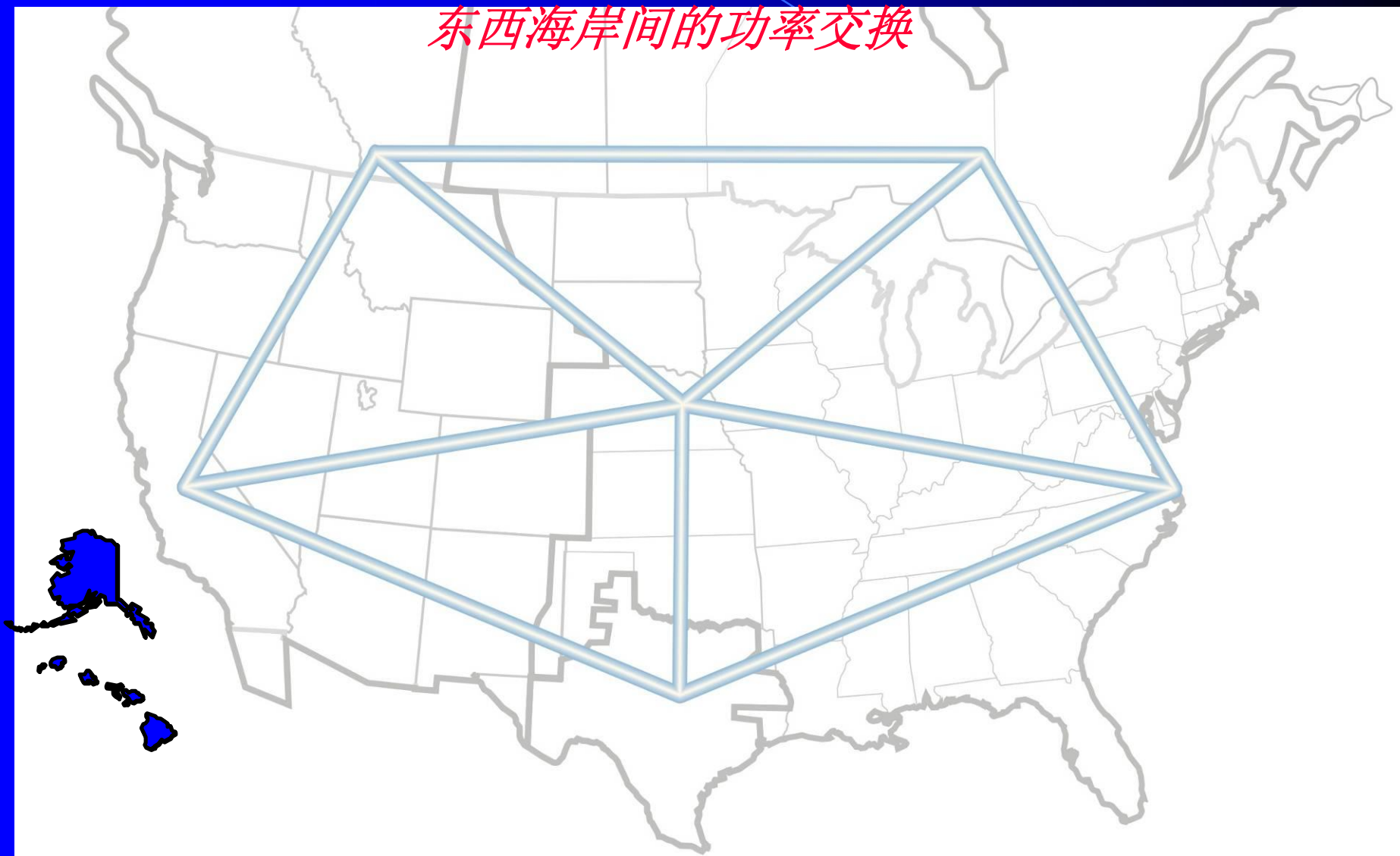


# 电力系统的三道防线

- 第一道防线是指正常运行方式下的电力系统受到单一故障扰动后,由继电保护装置正确动作迅速切除故障,保持电力系统稳定运行和电网的正常供电。
- 第二道防线是指正常运行方式下的电力系统受到较严重的故障扰动后,继电保护装置正确动作后,由切除发电机和切除负荷等稳定运行。各种自动装置动作调整。
- 第三道防线是指电力系统的稳定破坏后,由防止事故扩大的稳定控制施构成第三道防线。采取解列电网等措施防止系统全部崩溃,保证部分重要用户供电,避免长时间、大面积停电。

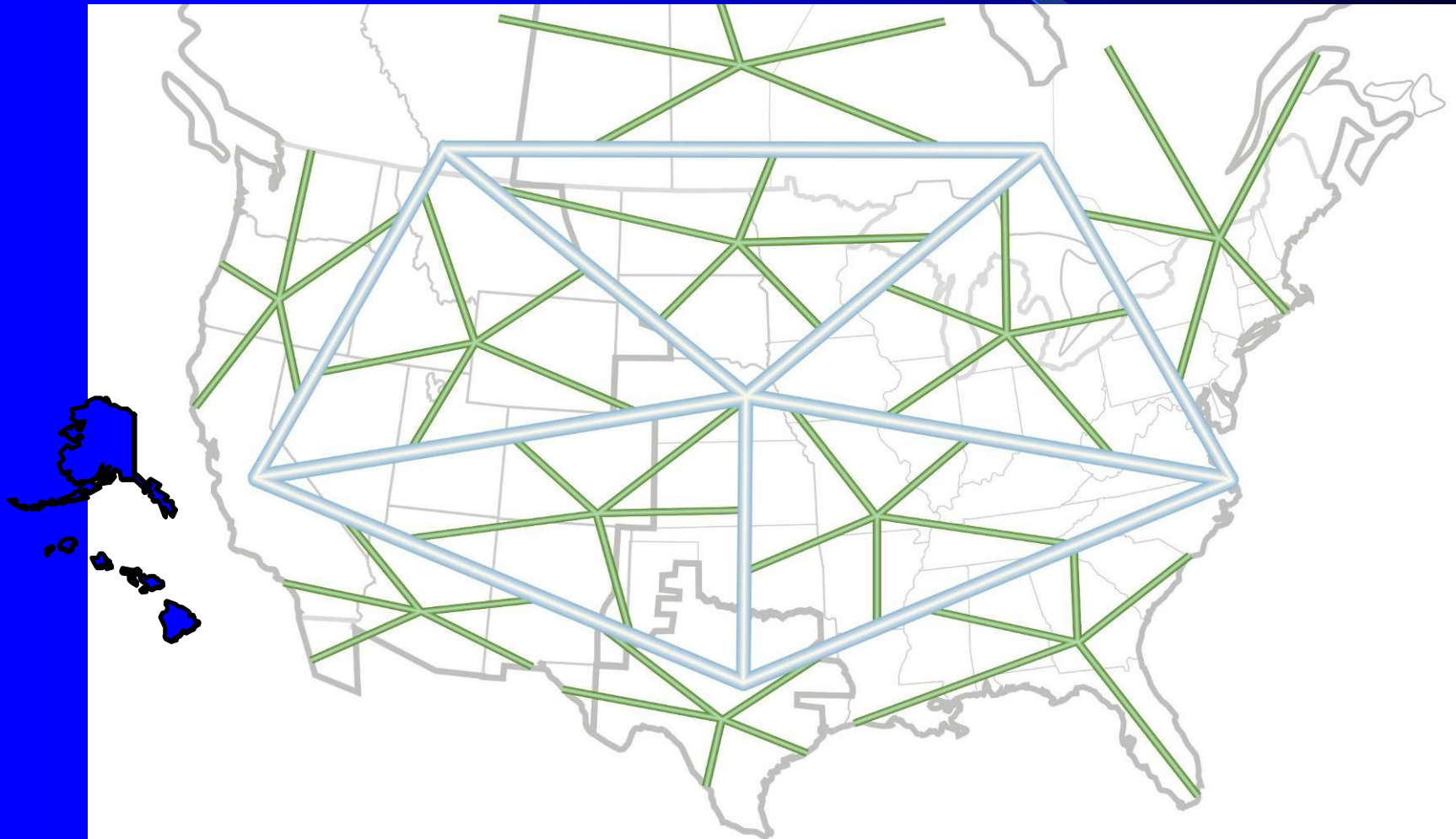
# 2030年美国国家输电主干网（规划）

东西海岸间的功率交换

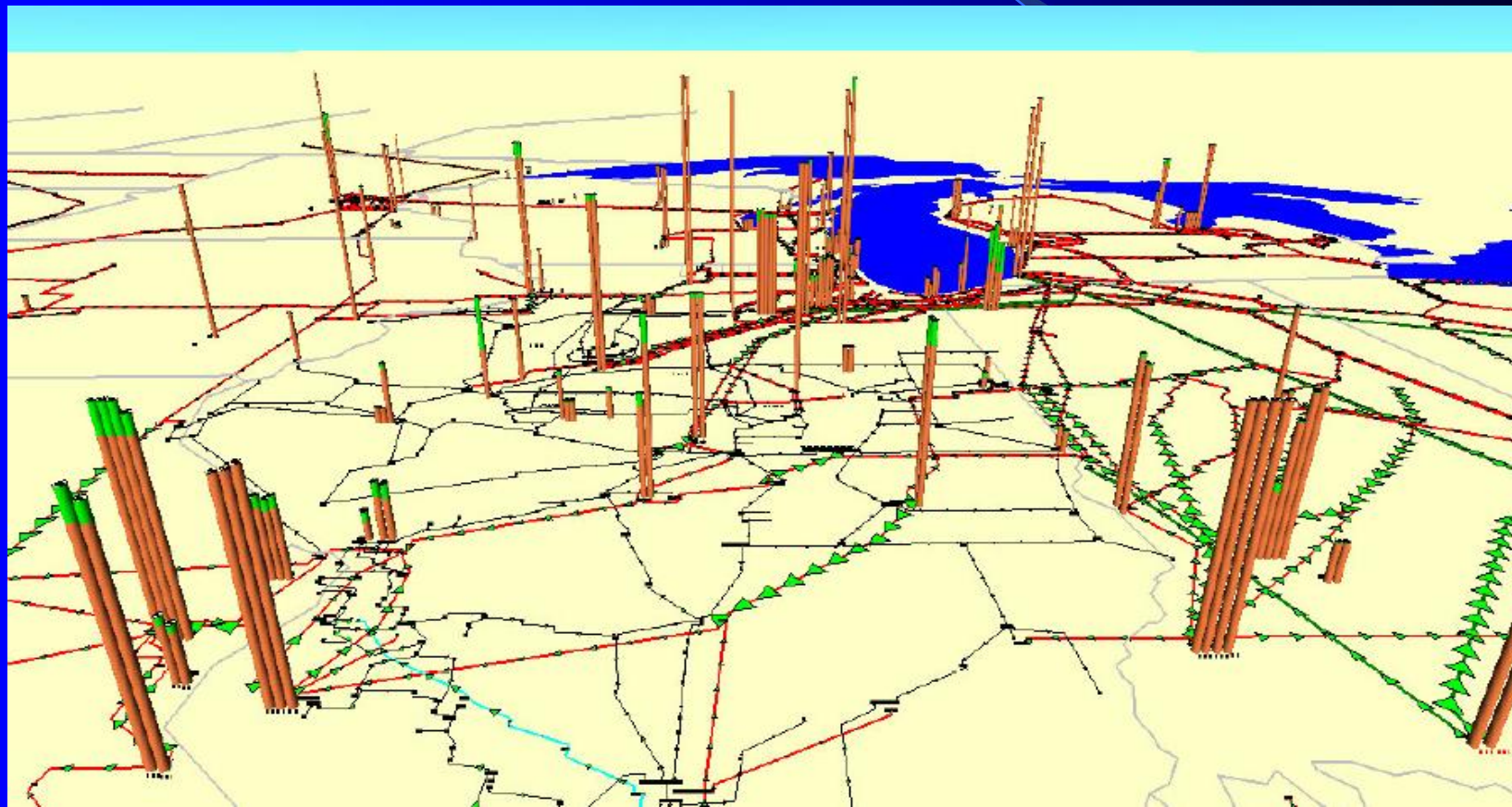


# 区域互联网

主干网加上互联区域网



# 三维可视化电力系统 发电机额定/实际有功出力



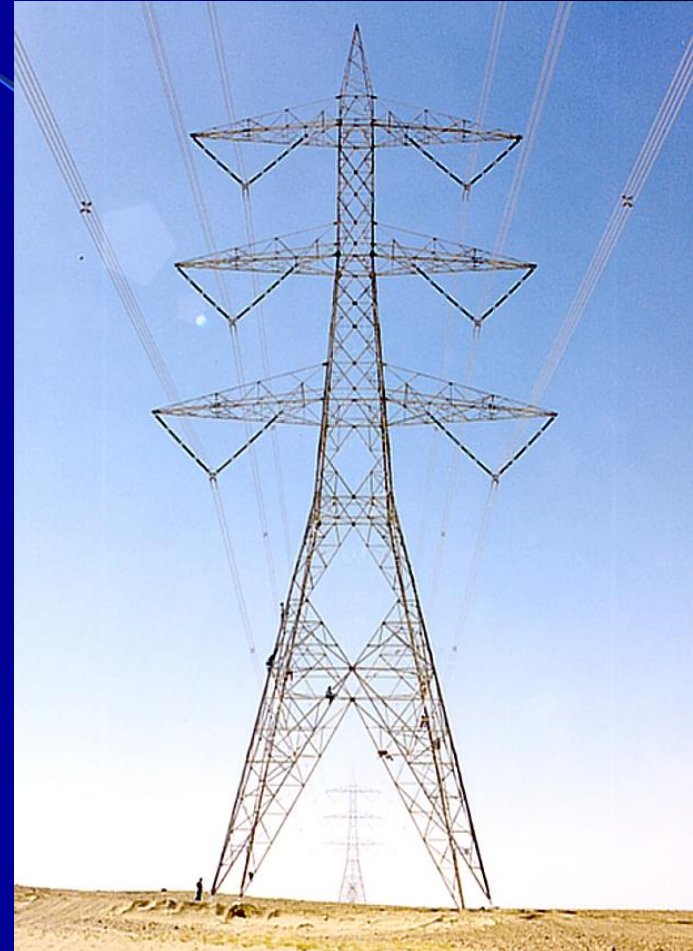




国际能源网  
in-en.com

# AC Overhead transmission lines

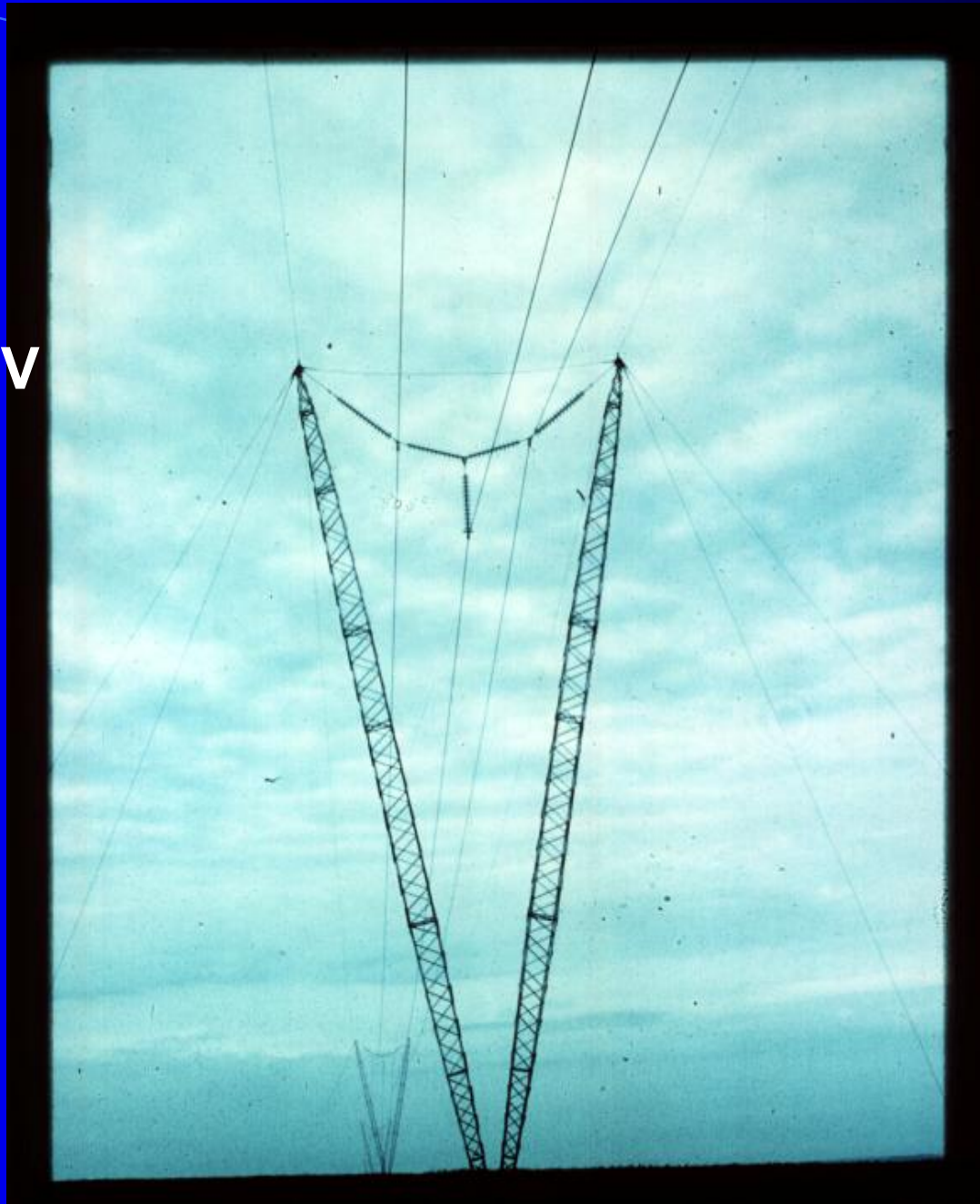
- **Nation:** Saudi Arabia
- **Client:** S.C.E.CO. WEST
- **Project description:** Rabigh-Makkah TL
- **Scope of work:** EPC
- **Voltage:** 380 kV
- **Length:** 170 km
- **Date:** 1988-1990



**AC BRAZIL 500kV**



**AC BRAZIL 245kV**



**AC SWEDEN 420kV**



# AC ITALY 1050kV



**DC INDIA**

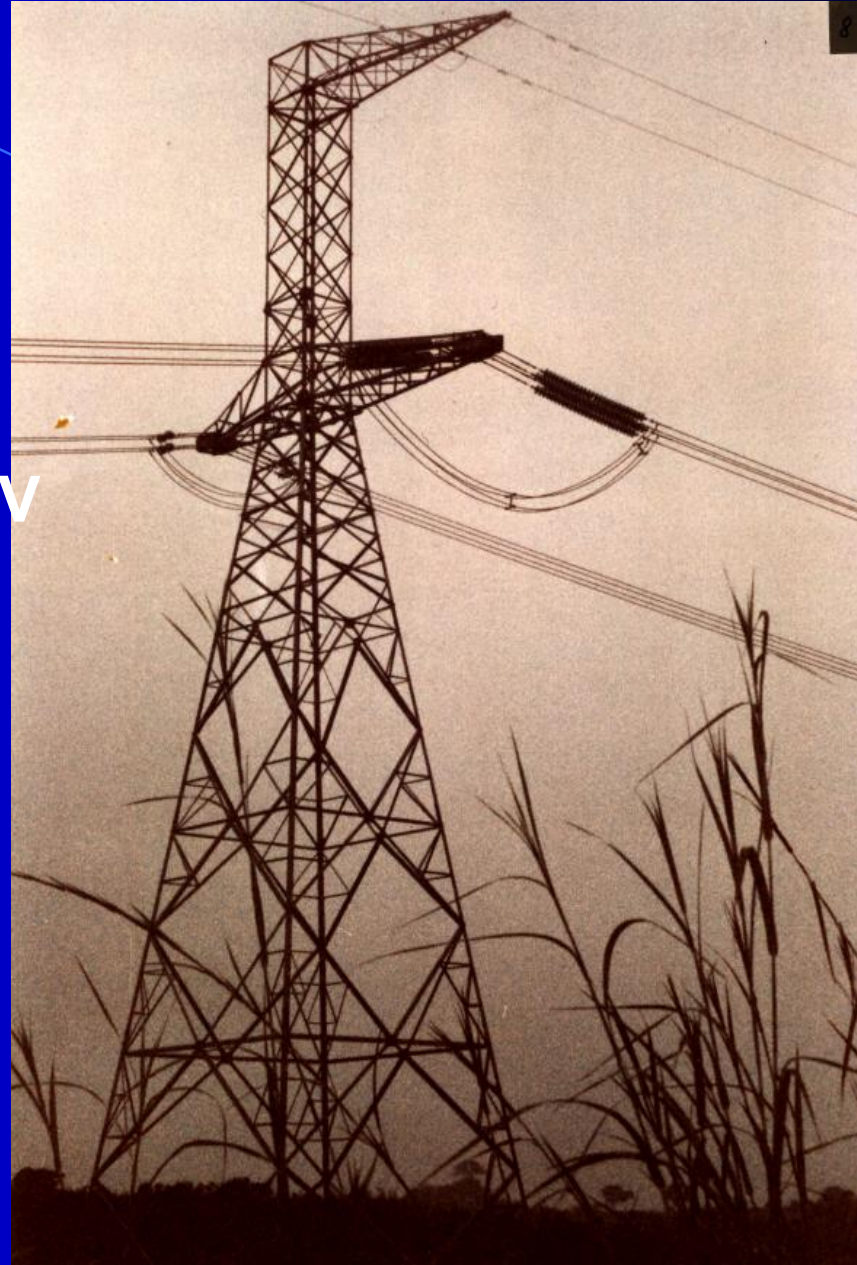


# DC ZAIRE 500kV

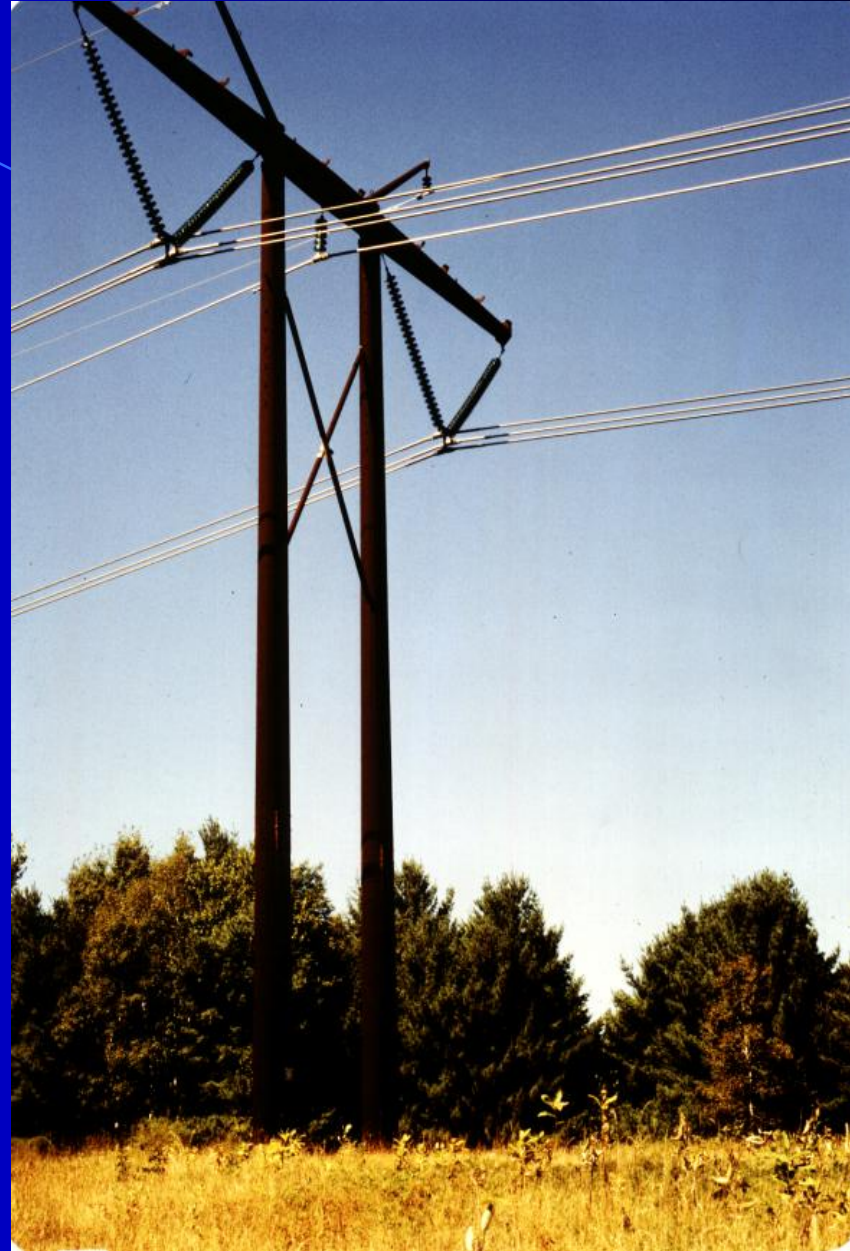




**DC MOZAMBIQUE +/- 533kV**



**DC USA**



# HVDC Lines - Itaipu, Brazil

*Power Lines*

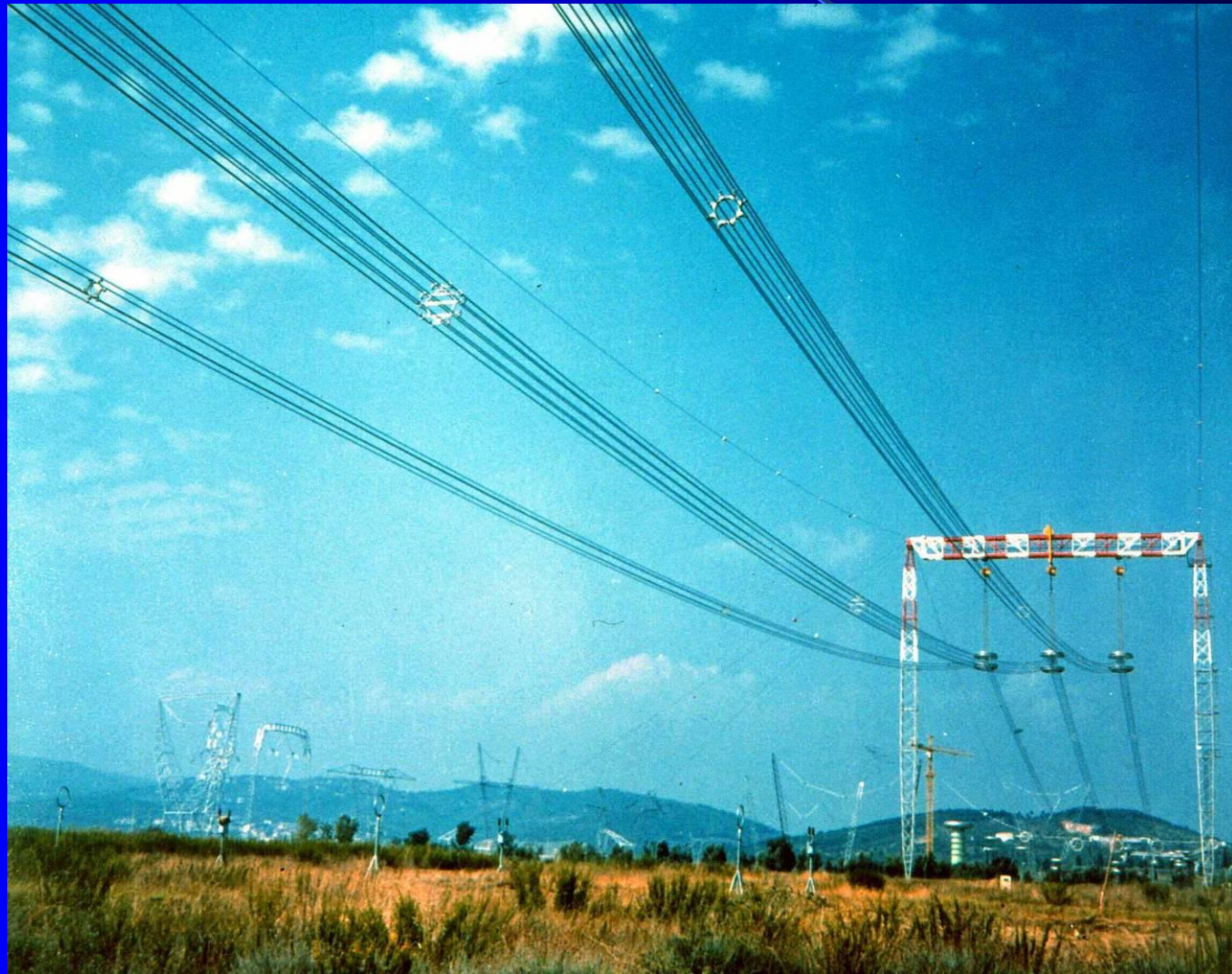


600 kV DC line

Transmission and Distribution

**ABB**

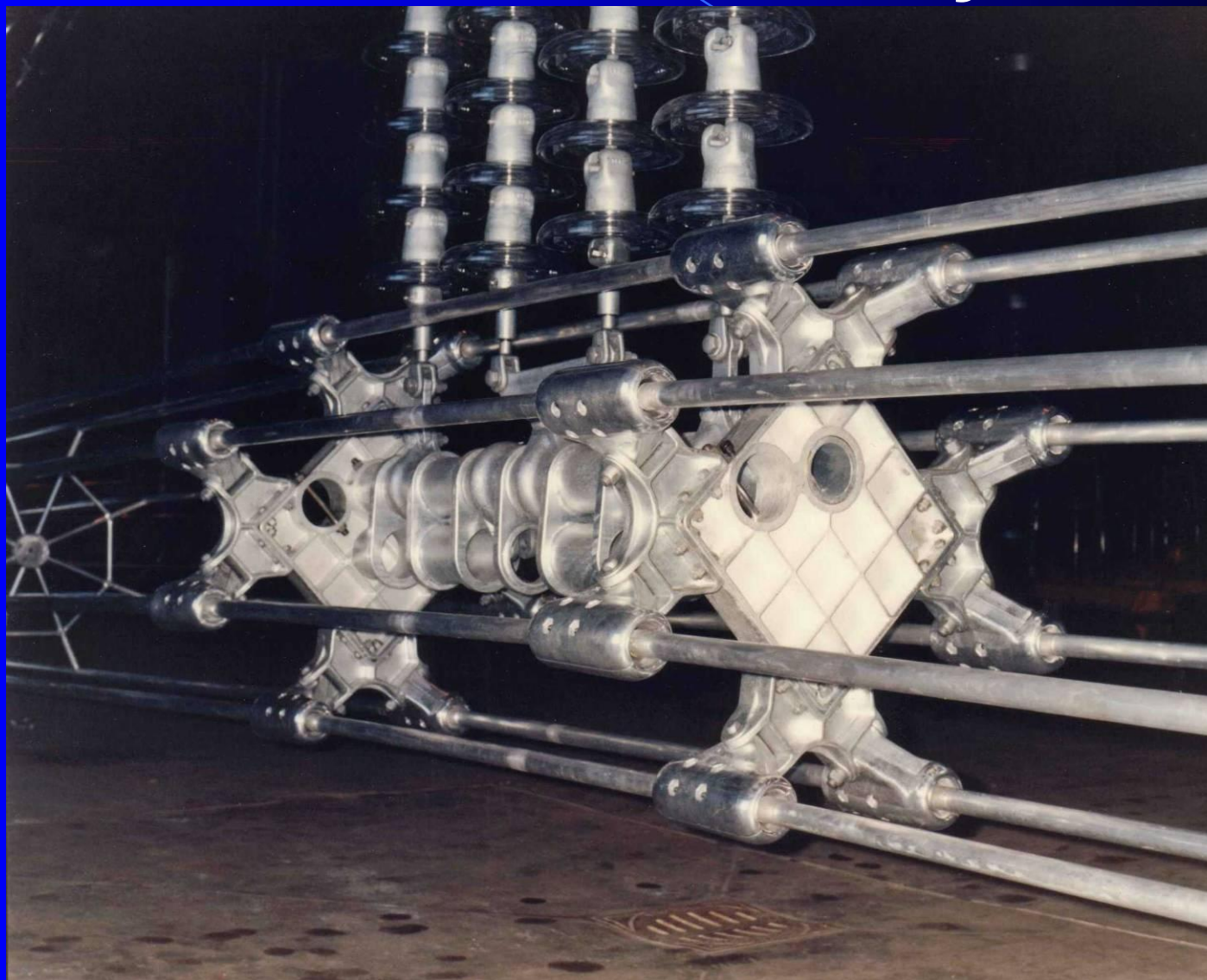
# The Italian 1000 kV Project



# The Italian 1000 kV Project



# The Italian 1000 kV Project



# The Italian 1000 kV Project

the 400 MVA power transformers in operation



# The Italian 1000 kV Project

## The 1000 kV SF6 substation





# The Italian 1000 kV Project

## the 1000 kV Switchgear in Suvereto

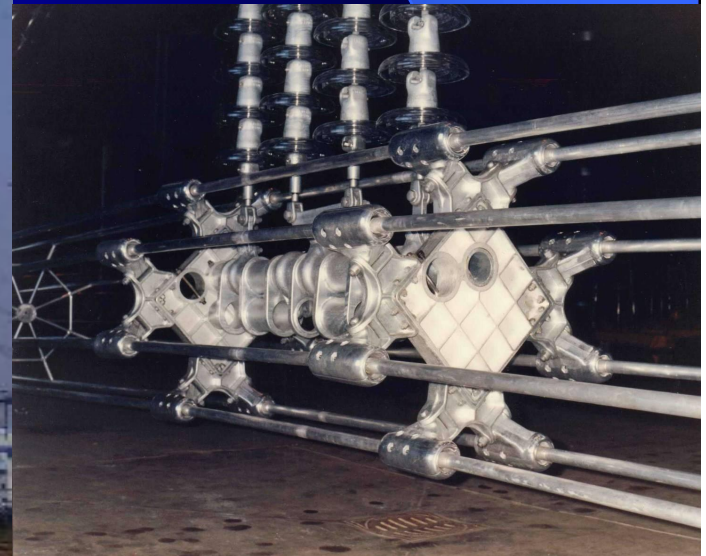


# The Italian 1000 kV Project



# 输电线路

- 钢芯铝绞线



# 天上水池



# 国调中心

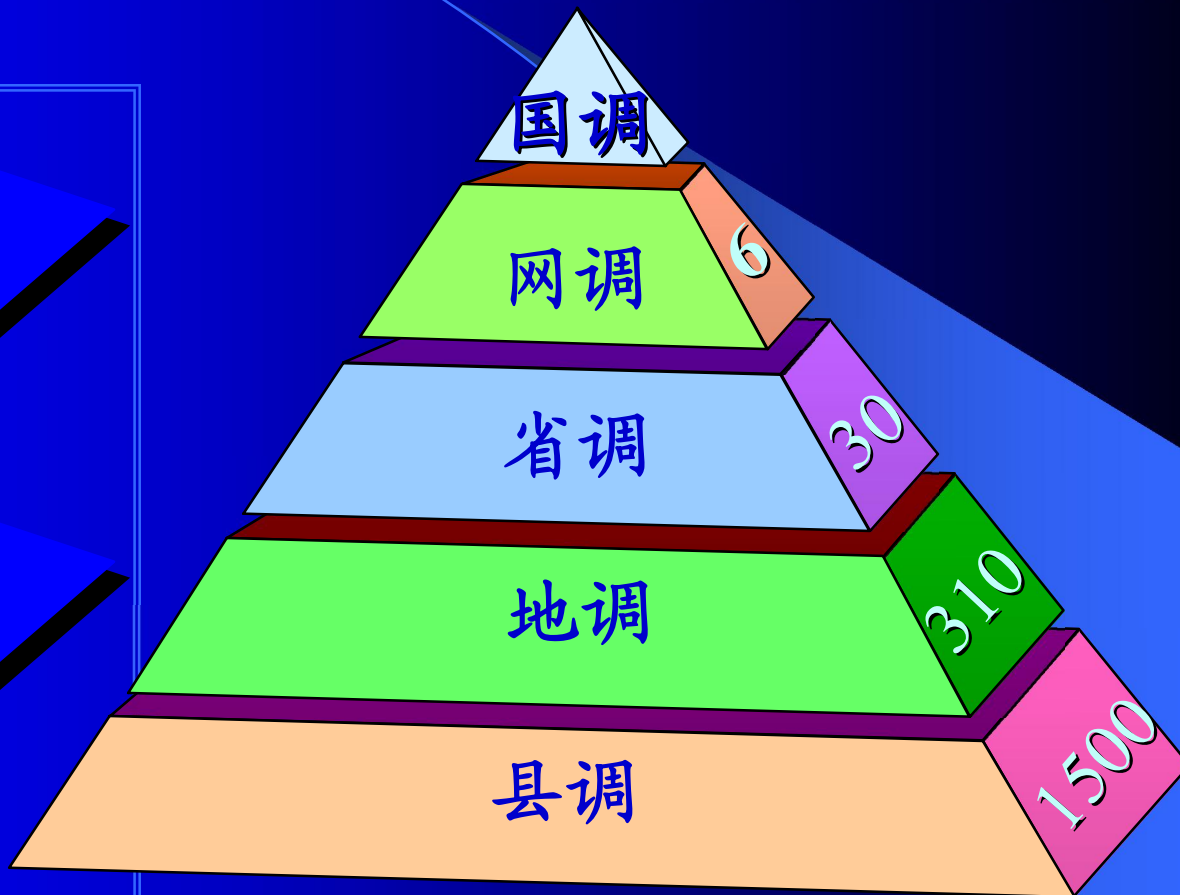
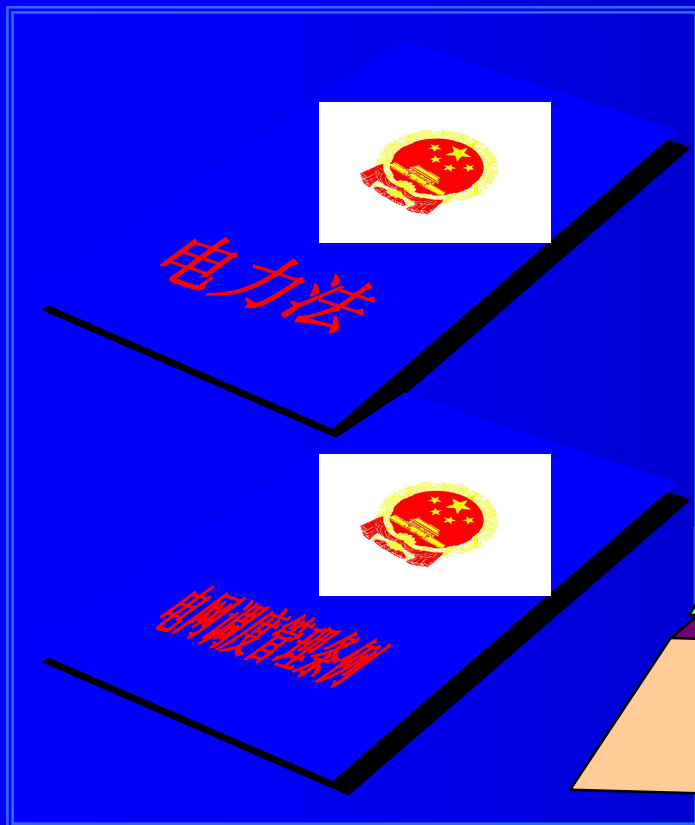
国家电力 STATE POWER



# 调度控制室



# 统一调度 分级管理



# 电力系统是国家基础设施

## 大停电事故频繁发生

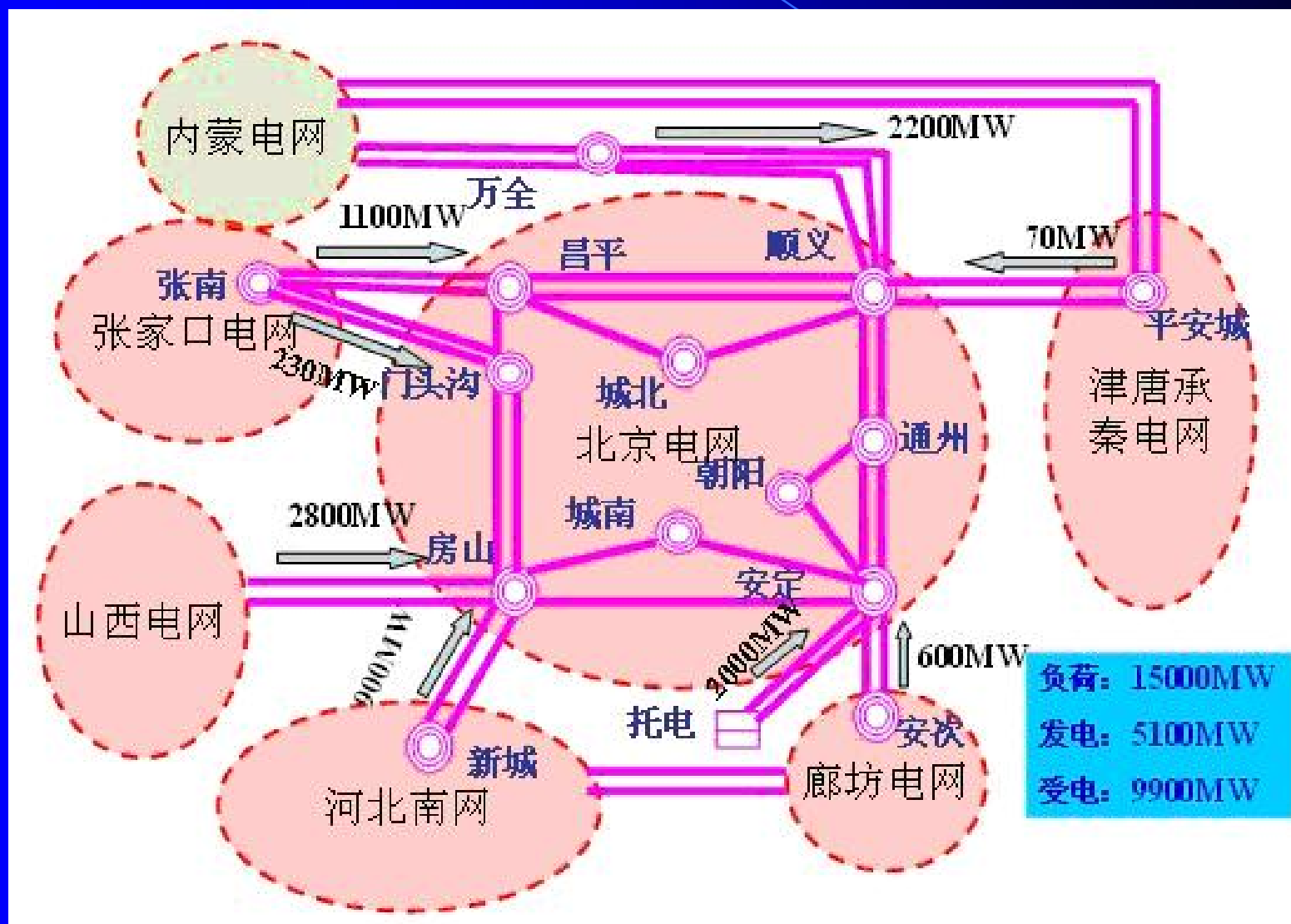




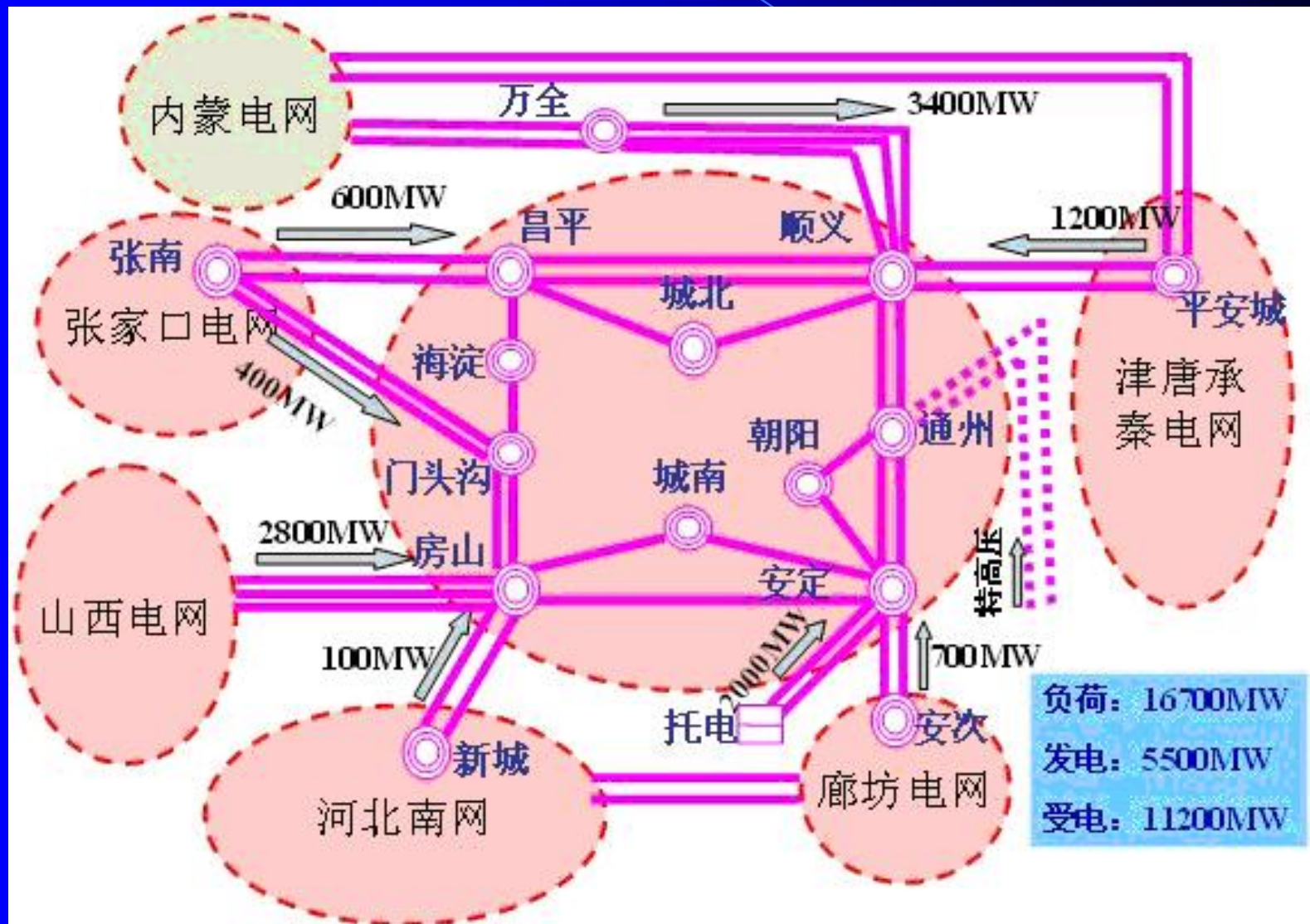
# 线路并联电抗器



# 北京电网2008年电力平衡图



# 北京电网2010年电力平衡图



# 北京电网—“鸟巢”结构

